

VISIT...

LANZAROTE
Caliente.COM

Editura didactică și pedagogică - București, 1977

AL. NEGOTIA
V. FOCSA
A. RADU
I. POP
C. TUTU
M. DUMITRAS
I. NEGOTIA

construcții civile

construcții civile

MINISTERUL EDUCAȚIEI
ȘI ÎNVĂȚĂMÎNTULUI

Prof. dr. doc. ing. ALEXANDRU NEGOIȚĂ
Prof. dr. ing. VIRGIL FOCȘA
Prof. dr. ing. ADRIAN RADU
Conf. dr. ing. IOAN POP
Șef lucr. ing. LIVIU TUTU
Șef lucr. ing. MACEDON DUMITRAȘ
Ing. IOAN NEGOIȚĂ

Construcții civile



EDITURA DIDACTICĂ ȘI PEDAGOGICĂ
BUCUREȘTI

Lucrarea a fost elaborată astfel:

Cap. 1, 2, 3, 7 și 8 — prof. dr. doc. ing. A. Negoită și ing. I. Negoită; Cap. 5, 6, 22, 23 și 24 — prof. dr. ing. Virgil Focșă; Cap. 9, 10, 14 și 21 — prof. dr. ing. Adrian Radu; Cap. 4, 11, 13 și 20 — prof. dr. doc. ing. A. Negoită și șef lucr. ing. Macedon Dumitraș; Cap. 12 — prof. dr. doc. ing. A. Negoită și șef lucr. ing. Liviu Tutu; Cap. 15, 16, 17 — prof. dr. doc. ing. A. Negoită și conf. dr. ing. Ioan Pop; Cap. 18 și 19 — prof. dr. doc. ing. A. Negoită, conf. dr. ing. Ioan Pop și ing. I. Negoită.

Coordonatorul lucrării: prof. dr. doc. ing. A. Negoită.

Referent științific: conf. ing. FLORIN DABIJA

Redactor: șef lucr. ing. MARIA DARIE
Tehnoredactor: T. BĂLĂIȚĂ
Coperta: arh. O. MAGHERAN

P R E F A Ț Ă

Cursul de construcții civile urmărește să dea studenților cunoștințele de bază necesare pentru concepția științifică, proiectarea, alcătuirea constructivă și folosirea rațională, optimă a elementelor de construcții și a grupărilor acestora (denumite complexe sau subansambluri) în cadrul concepției de ansamblu a clădirii, determinată de un complex de date fizice și economice. Volumul de față urmărește în primul rând analiza cauzală și prezentarea logică a fenomenelor care intervin în viața clădirilor, a principiilor și legilor de bază, ilustrate prin soluții reprezentative și numai în al doilea rând părțile de detalii constructive, care întregesc exemplificarea practică. Cursul cuprinde astfel elemente necesare pentru concepția științifică a noilor soluții de structuri și elemente de construcții eficiente, folosite în condiții variate de exploatare și executate cu materiale și tehnologii diferite, evidențiind posibilitățile pe care le oferă materialele și tehnologiile noi, moderne de execuție.

Lucrarea cuprinde în același timp o tratare sintetică și unitară a concepției clădirilor civile cu pereți portanți din zidărie, beton monolit și elemente prefabricate sub aspectul: funcțiune, material, structură, ca și elemente de mecanica și alcătuirea constructivă a zidăriilor și pereților portanți. În această lucrare există și unele preocupări privind interdependența dintre clădire și condițiile ei de realizare: tehnologie, organizare, economie.

Cu toate că obiectul principal al cursului îl prezintă construcțiile civile, unele părți conțin și cunoștințe necesare tuturor construcțiilor (industriale, agrozootehnice etc.) ca de exemplu: mecanica zidăriilor, principiile și regulile de alcătuire constructivă a elementelor de construcție, modularea, toleranțele etc.

Astfel cursul prezintă pentru prima oară într-o formă originală, proprie, disciplina de construcții civile, privită până nu de mult ca o disciplină cu caracter descriptiv, ca una dintre principalele științe tehnice ale construcțiilor, cu propriile sale principii și legi cu caracter specific și folosind cunoștințe fundamentale din multe alte științe, mai ales din mecanica și fizica construcțiilor.

Cursul se adresează studenților din secția de construcții civile, industriale și agricole ale facultății de construcții, dar poate fi folosit de toți studenții din secțiile de construcții, ca și de studenții — arhitecți. Cartea este în același timp utilă tuturor arhitecților și inginerilor constructori din proiectare și execuție, având de asemenea caracter de manual de reciclare.

Autorii

CUPRINS

Prefață	3
Cuprins	5
Introducere	13
Partea întâi — ELEMENTE GENERALE DE TEORIA, SIGURANȚA ȘI TEHNICA CONSTRUCȚIILOR	
Cap. 1. Generalități. Alcătuirea generală a construcțiilor	
1.1. Clasificarea construcțiilor. Cerințe funcționale.	15
1.1.1. Clasificarea construcțiilor	15
1.1.2. Cerințe funcționale. Ecologie umană.	16
1.2. Alcătuirea generală a construcțiilor civile.	17
1.2.1. Principalii factori determinanți în concepția și alcătuirea construcțiilor.	17
1.2.2. Procese funcționale pentru construcții civile.	19
1.2.3. Tipuri principale de construcții civile	21
1.2.4. Elemente și lucrări de construcții. Capitole de lucrări.	23
1.3. Condiții tehnice pentru construcții. Calitatea construcțiilor.	25
1.3.1. Condiții tehnice pentru construcții și elemente de construcții.	25
1.3.2. Siguranța construcțiilor	28
1.3.3. Aprecierea calității elementelor de construcții și a construcțiilor	29
1.4. Prescripții tehnice în construcții	30
Cap. 2. Elemente de siguranța construcțiilor	
2.1. Noțiunea de siguranță. Factorii principali ai siguranței.	31
2.2. Distribuții empirice și teoretice pentru factorii principali ai siguranței.	35
2.3. Concepții privind siguranța construcțiilor. Metode de calcul.	37
2.3.1. Metode deterministe	37
2.3.2. Metoda semiprobabilistică a stărilor limită	39
2.3.3. Metode probabiliste	44
2.4. Exprimarea probabilistică a siguranței construcțiilor și a coeficienților de siguranță	44
Cap. 3. Acțiuni în construcții	
3.1. Definiții. Clasificarea și gruparea acțiunilor.	50
3.1.1. Definirea acțiunilor.	50
3.1.2. Clasificarea acțiunilor	51
3.1.3. Gruparea acțiunilor	52
3.2. Încărcări permanente și încărcări datorite procesului de exploatare.	53
3.2.1. Încărcări permanente și greutate tehnice.	53
3.2.2. Încărcări datorite procesului de exploatare	54
3.3. Încărcări date de vânt	56
3.3.1. Vântul, element climatic	56
3.3.2. Definirea statistică a vitezei vântului.	58
3.3.3. Presiunea vântului.	58
3.3.4. Forțe din vânt. Răspunsul eolian al structurilor	61
3.3.5. Răspunsul eolian al construcțiilor zvelte.	65
3.3.6. Indicații privind calculul construcțiilor la acțiunea vântului	67
3.4. Încărcări date de zăpadă.	68
3.4.1. Zăpada, element climatic în țara noastră.	68
3.4.2. Acțiunea zăpezii asupra construcțiilor.	69
3.5. Încărcări date de temperatura exterioară.	70
3.6. Acțiuni seismice	71

3.6.1. Metode de calculul construcțiilor la încărcări seismice	71
3.6.2. Gradul de seismicitate de calcul al construcțiilor	72
3.6.3. Determinarea încărcărilor seismice.	75
3.7. Alte acțiuni în construcții.	75
3.7.1. Variații dimensionale și mișcări diferențiate ale elementelor de construcție.	76
3.7.2. Acțiuni din explozii. Acțiuni accidentale.	76
Cap. 4. Coordonarea modulară și toleranțele în construcții	
4.1. Introducere. Scurt istoric	78
4.2. Coordonarea modulară. Definiții și terminologie	79
4.3. Dimensiuni în sistemul modular unic.	80
4.4. Stabilirea dimensiunilor clădirilor și elementelor modulate. Reguli pentru amplasarea axelor de trasare ale clădirilor.	80
4.4.1. Reguli generale	81
4.4.2. Stabilirea dimensiunilor elementelor de construcții.	81
4.4.3. Reguli de amplasare ale axelor modulare de trasare.	82
4.5. Toleranțe în construcții.	82
4.5.1. Definiții	83
4.5.2. Aplicarea toleranțelor în construcții	83
Partea a doua — FIZICA CONSTRUCȚIILOR	
Cap. 5. Higrotermica clădirilor	
5.1. Considerații generale	85
5.1.1. Cerințele fiziologice ale omului și confortul termic al clădirilor	85
5.1.2. Conceptul de confort termic.	86
5.2. Transferul de căldură și masă. Ecuația generală de transfer	86
5.3. Transferul căldurii în construcții.	88
5.3.1. Transmisia căldurii prin conducție. Coeficientul de conductivitate termică al materialelor de construcție	91
5.3.2. Ecuația transferului de căldură în regim staționar la structuri omogene.	92
5.3.3. Permeabilitatea termică și rezistența la permeabilitatea termică a elementelor de construcție	93
5.4. Transmisia căldurii prin convecție.	94
5.5. Transmisia căldurii prin radiație.	95
5.6. Transmisia căldurii prin radiație și convecție. Coeficienții de transfer termic prin suprafața elementelor de construcție	95
5.7. Transmisia căldurii prin elemente de construcții în straturi.	95
5.7.1. Transmisia căldurii prin conducție la structuri în mai multe straturi paralele.	97
5.7.2. Rezistența termică a straturilor de aer la pereți și terase.	98
5.7.3. Transmisia termică globală a căldurii, prin conducție și transfer la suprafață.	98
5.7.4. Coeficientul de transmisie termică și rezistența totală a elementelor de construcție în straturi	99
5.8. Transmisia căldurii prin conducție la structuri în straturi cu punți termice în regim staționar. Integrarea ecuației cimpului termic. Condiții la limită.	100
5.9. Metode practice pentru determinarea caracteristicilor termice ale elementelor de construcții. Metoda cimpurilor	102
5.9.1. Considerații generale	102
5.9.2. Metode aproximative de calcul.	103
5.9.3. Stabilirea cimpului termic plan cu ajutorul diferențelor finite.	104
5.9.4. Metoda analogiilor electrice pentru determinarea cimpului termic.	106
5.9.5. Încercări și măsurători higrotermice în stații la scară naturală.	108
5.10. Transmisia căldurii prin conducție în regim nestaționar.	108
5.10.1. Criterii aproximative privind caracteristicile termice ale elementelor de construcție în regim nestaționar	109
5.10.2. Calculul transmisiei termice prin conducție, în regim nestaționar, utilizând diferențe finite	111
5.11. Umiditatea construcțiilor	112
5.11.1. Surse de umiditate în construcții. Acțiunea apei asupra materialelor și elementelor de construcție.	112
5.11.2. Formele de acțiune a apei asupra construcțiilor	113
5.11.3. Umiditatea aerului	113
5.11.4. Umiditatea materialelor de construcții.	115
5.11.5. Caracteristicile materialelor privind difuzia vaporilor de apă.	116
5.11.6. Condensarea vaporilor de apă în construcții	117
5.11.7. Calculul la umiditate al construcțiilor	118

5.12. Schimbul de aer în construcții	123
5.12.1. Baza fizică a schimbului de aer din încăperi	123
5.12.2. Caracteristicile de permeabilitate la aer a elementelor de construcție.	125
5.12.3. Calculul permeabilității la aer al construcțiilor	126
5.13. Proiectarea higrotermică a elementelor de construcții	126
5.13.1. Considerații generale	130
5.13.2. Dimensionarea termică a pereților	130
5.13.3. Rezistența termică a pereților	132
5.13.4. Amortizarea și defazajul oscilațiilor termice	133
5.13.5. Caracteristicile pereților cu punți termice.	134
5.13.6. Etanșeitatea la apă a pereților	134
5.13.7. Calculul la umiditate al acoperișului terasă.	137
Cap. 6. Acustica clădirilor	
6.1. Generalități	139
6.2. Noțiuni de acustică	139
6.2.1. Sunetul ca fenomen fizic	142
6.2.2. Ecuația cimpului sonor	144
6.2.3. Viteza de propagare a undei longitudinale sonore într-un mediu elastic.	146
6.2.4. Caracteristicile de presiune, intensitate și absorbție a sunetelor	153
6.2.5. Sunetul ca fenomen fiziologic	155
6.3. Zgomotul exterior. Criteriul de zgomot	158
6.4. Izolarea acustică la zgomote aeriene interioare.	161
6.5. Atenuarea zgomotului aerian prin pereți și planșee pe baza teoriei ecranelor	164
6.6. Atenuarea acustică la zgomot aerian a elementelor de construcție luând în considerare legăturile pe contur.	164
6.6.1. Ipoteza membrană fără rigiditate la încovoire	165
6.6.2. Ipoteza membrană rigidă la încovoire. Frecvența de rezonanță	167
6.7. Metode practice privind evaluarea izolării acustice a pereților și planșeelor	167
6.7.1. Izolarea pereților la zgomot aerian	172
6.7.2. Izolarea planșeelor la zgomot aerian	172
6.7.3. Izolarea planșeelor la zgomot din impact.	173
Partea a treia — ALCĂTUIREA ȘI MECANICA ZIDĂRIILOR	
Cap. 7. Zidării. Alcătuire generală și proprietăți	
7.1. Alcătuirea zidărilor	178
7.1.1. Definiții. Clasificare. Elemente de construcție din zidărie	178
7.1.2. Materiale pentru zidării	182
7.1.3. Tipuri de zidărie	187
7.2. Proprietățile zidăriei	194
7.2.1. Proprietățile mecanice ale zidăriei solicitată la compresiune centrică.	195
7.2.2. Rezistența de rupere a zidăriei la întindere axială, forfecare și compresiune locală	201
7.2.3. Proprietățile de deformare ale zidăriei.	204
7.2.4. Flambajul elementelor de zidărie supuse la compresiune centrică.	208
7.2.5. Alte proprietăți ale elementelor de zidărie	210
Cap. 8. Calculul secțiunilor elementelor de zidărie	
8.1. Principii fundamentale și caracteristici de calcul	212
8.1.1. Generalități	212
8.1.2. Principii fundamentale de calcul. Caracteristici de calcul.	212
8.2. Calculul secțiunilor de zidărie simplă (rearmată)	213
8.2.1. Calculul la starea limită ultimă de rezistență	213
8.2.2. Calculul la stările limită de fisurare și deformare ale exploatarei normale.	222
8.3. Calculul secțiunilor de zidărie mixtă, armată și complexă.	228
8.3.1. Calculul secțiunilor din zidărie mixtă	228
8.3.2. Calculul secțiunilor din zidărie armată	231
8.4. Proiectarea zidărilor la acțiuni accidentale și variații dimensionale.	235
8.4.1. Proiectarea zidărilor la acțiunea exploziei de gaz	235
8.4.2. Proiectarea zidărilor la variații dimensionale și mișcări diferențiate.	237
Partea a patra — ELEMENTELE COMPONENTE ALE CONSTRUCȚIILOR CIVILE	
Cap. 9. Fundații și subsoluri	
9.1. Părți componente ale infrastructurii	239
9.1.1. Fundații	239

9.1.2. Subsolul construit	240
9.1.3. Lucrări de protecție a infrastructurii	243
9.1.4. Canale tehnice	243
9.2. Factorii determinanți pentru alegerea tipului de infrastructură	244
9.2.1. Condiții generale	244
9.2.2. Relieful terenului	244
9.2.3. Caracteristici fizico-mecanice ale pământului	245
9.2.4. Caracteristici hidrologice ale pământului de fundație	246
9.2.5. Caracteristici termofizice ale terenului de fundație	251
9.3. Recomandări privind alcătuirea constructivă a fundațiilor	255
9.3.1. Condiții generale	255
9.3.2. Fundații continue	255
9.3.3. Fundații izolate	259
9.3.4. Fundații pe rețele de grinzi și radieră	260
9.3.5. Tasările inegale și efectul lor asupra structurii	261
Cap. 10. Hidroizolații la fundații și subsoluri	
10.1. Funcțiunile hidroizolațiilor	263
10.2. Clasificarea hidroizolațiilor	263
10.2.1. Clasificarea hidroizolațiilor în raport cu sursa de umezire și modul de acțiune al apei	264
10.2.2. Clasificarea hidroizolațiilor în raport cu materialele utilizate și cu capacitatea de a se adapta deformațiilor infrastructurii	264
10.3. Materiale pentru hidroizolații la fundații și subsoluri	265
10.3.1. Bitumurile	265
10.3.2. Masele bituminoase	265
10.3.3. Foile bitumate	266
10.4. Alcătuirea hidroizolațiilor	266
10.4.1. Indicații generale	266
10.4.2. Hidroizolații care împiedică absorbția apei din pământ	267
10.4.3. Hidroizolații împotriva apelor fără presiune hidrostatică	269
10.4.4. Hidroizolații împotriva infiltrării apelor cu presiune hidrostatică	272
10.4.5. Detalii constructive pentru hidroizolarea rosturilor străpungerilor de conducte, pentru racordări și protecții	275
10.5. Combaterea igrasiei la clădirile în exploatare	278
Cap. 11. Pereți	
11.1. Definiție. Scurt istoric. Clasificare	280
11.2. Condiții tehnice pentru pereți	282
11.2.1. Condiții capitale	283
11.2.2. Condiții mecanice	283
11.2.3. Condiții fizico-igienice	283
11.2.4. Condiții arhitectural-estetice	284
11.2.5. Condiții economico-organizatorice	284
11.3. Alcătuirea pereților portanți și de contravîntuire	284
11.3.1. Pereți din zidărie	285
11.3.2. Pereți din beton monolit	286
11.3.3. Pereți din elemente prefabricate	288
11.4. Pereți purtați	298
11.4.1. Pereți purtați interiori	299
11.4.2. Pereți purtați exteriori	303
11.5. Pereți de subsol și demisol	314
11.6. Elemente de calculul pereților la acțiuni mecanice	316
11.6.1. Considerații generale	316
11.6.2. Calculul pereților portanți	317
11.6.3. Deformațiile și fisurarea pereților	326
11.7. Elemente constructive la pereți	326
11.7.1. Goluri în pereți	326
11.7.2. Buiandrugi	328
11.7.3. Cornișe, Aticuri	330
11.7.4. Ancorarea pereților. Centuri	332
11.7.5. Coșuri de fum și canale de ventilație	338
11.8. Rosturi de separație	342
11.8.1. Rosturi de dilatație-contrație	343

11.8.2. Rosturi de tasare	344
11.8.3. Rosturi antiseismice	344
11.8.4. Recomandări generale pentru rosturile de separație	345
11.9. Detalii de pereți	346
11.9.1. Socluri	346
11.9.2. Solbancuri	347
11.9.3. Ancadramente	348
11.9.4. Briie	348
Cap. 12. Planșee	
12.1. Generalități	349
12.1.1. Definiție. Scurt istoric	349
12.1.2. Condiții tehnice la planșee	350
12.1.3. Clasificarea planșeelor	351
12.2. Planșee din lemn	351
12.3. Planșee din zidărie de cărămidă	354
12.4. Planșee metalice	355
12.4.1. Planșee din grinzi metalice și elemente de umplutură	355
12.4.2. Planșee din grinzi metalice și plăci din beton armat	357
12.4.3. Planșee din profiluri de tablă	357
12.5. Planșee din beton armat monolit	359
12.5.1. Planșee din plăci de beton armat monolit	360
12.5.2. Planșee din plăci și nervuri dese	361
12.5.3. Planșee din plăci și rețele de grinzi, planșee casetate	362
12.5.4. Planșee din plăci, grinzi secundare și grinzi principale de beton armat monolit	363
12.5.5. Planșee din plăci rezemate pe stâlpi	365
12.6. Planșee din elemente prefabricate din beton armat	368
12.6.1. Planșee din grinzi și corpuri de umplutură	369
12.6.2. Planșee din fișii prefabricate cu goluri, realizate din beton armat	371
12.6.3. Planșee din panouri mari prefabricate	374
12.6.4. Planșee cu grinzi prefabricate din beton armat	376
12.7. Planșee ceramice	378
12.8. Alte tipuri de planșee	381
12.8.1. Planșee din plăci și rețele de grinzi prefabricate de beton armat	382
12.8.2. Planșee-dală prefabricate din beton armat	382
12.8.3. Planșee prefabricate din beton armat la clădiri cu multe niveluri, executate cu tehnologii speciale	383
12.8.4. Planșee la clădiri din diafragme de beton armat executate prin glisare	384
12.8.5. Planșee-dală prefabricate parțial	384
12.8.6. Planșee din grinzi prefabricate parțial și corpuri de umplutură	387
12.9. Comportarea mecanică a planșeelor	387
12.9.1. Comportarea mecanică a planșeelor la încărcări verticale	388
12.9.2. Comportarea mecanică a planșeelor la încărcări orizontale	392
Cap. 13. Scări	
13.1. Elemente de construcții pentru circulația pe verticală. Rol și importanță. Scurt istoric	397
13.2. Alcătuirea și condițiile tehnice impuse scărilor	398
13.2.1. Alcătuirea scărilor	398
13.2.2. Condiții tehnice pentru scări	399
13.3. Proiectarea funcțională a scărilor	400
13.3.1. Lățimea rampelor și podestelor	400
13.3.2. Dimensiunile treptelor și contratreptelor	401
13.3.3. Amplasarea scărilor	402
13.4. Clasificarea scărilor	402
13.5. Elemente de statica scărilor	403
13.5.1. Încărcări	403
13.5.2. Forme structurale de scări	404
13.6. Casa scării	411
13.7. Detalii constructive și considerații economice privind proiectarea scărilor	413
13.7.1. Scări cu trepte independente din beton și piatră naturală	413
13.7.2. Scări din lemn	413
13.7.3. Scări metalice	413
13.7.4. Scări din beton armat	414

Cap. 14. Acoperișuri.	415
14.1. Funcțiunile și părțile componente ale acoperișurilor	416
14.2. Clasificarea acoperișurilor. Tipuri de acoperișuri	420
14.3. Structuri de rezistență la acoperișuri	421
14.3.1. Structuri masive din zidărie	421
14.3.2. Șarpante din lemn și metal.	424
14.3.3. Structuri spațiale autoportante și structuri suspendate.	426
14.4. Acoperișuri reci, ventilate.	426
14.4.1. Caracteristici generale	428
14.4.2. Bariera de vaporii la acoperișurile reci, ventilate.	429
14.4.3. Realizarea termoizolației la acoperișurile reci, ventilate.	430
14.4.4. Protecția termoizolației la acoperișurile reci, ventilate.	430
14.4.5. Realizarea orificiilor de admisie și evacuare a aerului.	431
14.4.6. Învelitori la acoperișuri reci, ventilate.	439
14.5. Acoperișuri calde, neventilate	439
14.5.1. Caracteristici generale	441
14.5.2. Realizarea stratului de pantă.	445
14.5.3. Bariera de vaporii la acoperișuri calde, neventilate.	445
14.5.4. Izolații termice la acoperișurile calde, neventilate.	446
14.5.5. Realizarea stratului suport al hidroizolației.	450
14.5.6. Realizarea izolației hidrofuge la acoperișurile calde, neventilate.	452
14.5.7. Realizarea izolației de protecție a hidroizolației	454
14.5.8. Acoperișuri ușoare.	455
14.6. Acoperișuri calde, ventilate.	455
14.6.1. Caracteristici generale	456
14.6.2. Calculul vitezei aerului în spațiul de ventilație	458
14.6.3. Influența ventilației asupra temperaturii acoperișului.	461
14.6.4. Influența ventilației asupra migrației vaporilor de apă în acoperișul cald.	462
14.6.5. Recomandări constructive privind orificiile de ventilație.	463
14.7. Lucrări accesorii la acoperișuri.	463
14.7.1. Jgheaburi și burlane	467
14.7.2. Dispozitive de colectare și evacuare a apelor la acoperișuri cu scurgere interioară.	469
14.7.3. Deflectoare și orificii de comunicație cu atmosfera	470
14.7.4. Coșuri, ventilații și suporturi de antenă.	471
14.7.5. Elemente de delimitare a marginilor acoperișurilor.	471

Partea a cincea — STRUCTURI DE REZISTENȚĂ PENTRU CLĂDIRI CIVILE

Cap. 15. Generalități. Partii și proces funcțional. Tipuri de structuri de rezistență pentru clădiri de locuit	473
15.1. Generalități.	474
15.2. Partii și proces funcțional. Tipuri de structuri de rezistență pentru clădiri de locuit	474
15.2.1. Clădiri cu structura din pereți portanți de zidărie	476
15.2.2. Clădiri cu structuri în diafragme de beton armat	485
15.2.3. Clădiri cu structura de rezistență în cadre.	487
15.3. Elemente principale privind comportarea mecanică a clădirilor.	487
15.3.1. Generalități.	489
15.3.2. Repartizarea încărcărilor orizontale de nivel provenite din acțiunea vântului, la elementele verticale de rezistență	489
Cap. 16. Calculul clădirilor cu structuri de rezistență din diafragme de beton armat	492
16.1. Elemente generale privind calculul diaframelor	494
16.1.1. Calculul diaframelor pline	495
16.1.2. Calculul diaframelor cu goluri	507
16.2. Calculul diaframelor din beton armat monolit.	508
16.2.1. Dimensionarea și verificarea lamelor verticale.	509
16.2.2. Dimensionarea buiandrugilor	510
16.3. Calculul diaframelor din elemente prefabricate de beton armat — panouri mari.	512
16.3.1. Îmbinări la construcțiile din panouri mari	516
16.3.2. Verificarea panourilor la compresiune cu flambaj.	517
16.3.3. Verificarea integrității panoului	517
16.3.4. Verificarea îmbinărilor verticale	517
16.3.5. Verificarea îmbinărilor orizontale.	518

16.4. Metode de calcul și programe pentru calculul diaframelor	521
16.4.1. Metode de complexitate medie	521
16.4.2. Metode bazate pe teoria elasticității	522
Cap. 17. Clădiri cu structura din pereți portanți de zidărie	523
17.1. Generalități	524
17.2. Clădiri cu structura portantă rigidă	526
17.3. Clădiri cu structura flexibil-elastică	527
17.3.1. Calculul clădirii în stadiul I	528
17.3.2. Calculul clădirii în stadiul II	528
Cap. 18. Structuri de rezistență în cadre pentru construcții civile	529
18.1. Elemente generale. Alcătuire constructivă. Domeniu de utilizare	530
18.2. Structuri cu schelet în cadre din beton armat	530
18.2.1. Structuri cu cadre din beton armat monolit.	531
18.2.2. Structuri cu cadre din elemente prefabricate.	531
18.3. Comportarea la acțiuni verticale și orizontale a structurilor din cadre. Mecanismul de lucru și transportul forțelor verticale și orizontale.	535
18.3.1. Comportarea cadrelor la acțiuni verticale.	536
18.3.2. Comportarea cadrelor la acțiuni orizontale.	540
18.3.3. Comportarea structurilor în cadre la acțiunea concomitentă a forțelor gravitaționale și orizontale	546
18.4. Îmbinări la nodurile cadrelor din beton armat	547
18.4.1. Îmbinări umede	549
18.4.2. Îmbinări uscate	551
18.4.3. Îmbinări prin precomprimare	551
Cap. 19. Structuri speciale de rezistență pentru construcții civile	552
19.1. Structuri mixte din cadre cu diafragme.	552
19.1.1. Alcătuirea de ansamblu. Comportarea mecanică la acțiunea forțelor gravitaționale și orizontale.	556
19.1.2. Tipuri caracteristice de structuri mixte din cadre și diafragme.	556
19.2. Structuri în cadre cu pereți de contravîntuire	556
19.3. Structuri cu parter flexibil (elastic).	557
19.4. Structuri tubulare, cu nucleu central.	557
19.4.1. Structuri cu un singur tub	559
19.4.2. Structuri tub în tub.	560
19.5. Soluții industrializate pentru structuri cu schelet mixt.	561
19.6. Structuri din materiale plastice.	562
19.6.1. Structuri aerostatice	562
19.6.2. Structuri pneumatice	562

Partea a șasea — LUCRĂRI DE FINISAJ PENTRU CONSTRUCȚII CIVILE

Cap. 20. Tencuieli	571
20.1. Definiția și rolul tencuielilor.	572
20.2. Clasificarea tencuielilor	574
20.3. Condiții tehnice pentru tencuieli	575
20.4. Tencuieli umede	575
20.4.1. Alcătuirea tencuielilor umede.	576
20.4.2. Mortare pentru tencuieli umede.	577
20.4.3. Tehnologia de execuție a tencuielilor umede	578
20.5. Aderența tencuielilor umede la stratul suport	580
20.6. Tencuieli uscate	581
20.6.1. Alcătuirea tencuielilor uscate	581
20.6.2. Prefabricate pentru tencuieli uscate.	581
20.6.3. Montajul tencuielilor uscate	583
20.6.4. Rosturile tencuielilor uscate	583
Cap. 21. Placaje	584
21.1. Placaje exterioare	584
21.1.1. Funcțiunile placajelor exterioare.	584
21.1.2. Acțiunea ploii asupra fațadelor.	587
21.1.3. Comportarea la ploaie a pereților placaji.	588
21.1.4. Migrația vaporilor de apă prin fațadele placate.	588

21.1.5. Placaje cu cărămizi speciale fără miez	589
21.1.6. Placaje cu cărămizi speciale pline.	589
21.1.7. Placaje cu plăcuțe ceramice smălțuite CESAROM și cu plăcuțe din sticlă	591
21.1.8. Placaje de piatră naturală	592
21.1.9. Placaje din plăci mozaicate	593
21.1.10. Paramente cu strat de aer ventilat	594
21.2. Placaje interioare	594
21.2.1. Placaje cu funcțiuni decorative, igienice și de protecție împotriva apei.	594
21.2.2. Tratamente fonoabsorbante	595
Cap. 22. Pardoseli	604
22.1. Condițiile funcționale și de calitate pentru pardoseli	604
22.2. Clasificarea pardoselilor	605
22.3. Alcătuirea generală a structurii pardoselilor	606
22.4. Structuri de pardoseli	606
22.4.1. Pardoseli de pământ	606
22.4.2. Pardoseli de piatră artificială.	611
22.4.3. Pardoseli din piatră naturală	612
22.4.4. Pardoseli de zgură	613
22.4.5. Pardoseli de ipsos	613
22.4.6. Pardoseli ceramice	616
22.4.7. Pardoseli de lemn	621
22.4.8. Pardoseli din materiale bituminoase.	623
22.4.9. Pardoseli din materiale speciale	625
22.4.10. Pardoseli din materiale plastice și din mochete.	626
22.5. Dimensionarea funcțională a pardoselilor.	626
22.5.1. Caracteristicile termice ale pardoselilor	626
22.5.2. Izolarea acustică la zgomotul de impact a planșului și pardoselii. Pardoseli pe dală flotantă	628
Cap. 23. Ferestre și uși. Iluminatul natural și însorirea	631
23.1. Iluminatul natural și însorirea.	631
23.1.1. Generalități.	632
23.1.2. Iluminatul natural	636
23.1.3. Acțiunea radiației solare asupra ferestrelor.	637
23.2. Ferestre și uși	637
23.2.1. Generalități	638
23.2.2. Condiții de funcționalitate ale ferestrelor	643
23.2.3. Clasificarea ferestrelor	644
23.2.4. Materiale folosite la realizarea timplăriei.	645
23.2.5. Alcătuirea ferestrelor	650
23.2.6. Clasificarea ușilor	652
23.2.7. Condiții de funcționalitate ale ușilor	654
23.2.8. Alcătuirea ușilor	654
Cap. 24. Zugrăveli și vopsitorii. Elemente de teoria culorilor	657
24.1. Rolul culorii în finisarea construcțiilor	657
24.1.1. Considerații generale.	658
24.1.2. Elementele culorii	659
24.1.3. Culoarea în construcțiile civile	661
24.2. Spoii. Zugrăveli. Vopsitorii. Pictură. Tapete.	661
24.2.1. Condiții de funcționalitate. Clasificare.	662
24.2.2. Materialele utilizate la lucrările de zugrăveli și vopsitorii.	664
24.2.3. Vărueli și zugrăveli	665
24.2.4. Calcio-vecchio.	665
24.2.5. Vopsitorii de ulei	666
24.2.6. Zugrăveli și vopsitorii din polimeri.	667
24.2.7. Pictură monumentală	669
24.2.8. Tapete	671
24.2.9. Finisaje din marmor-rock	673
Bibliografie	673

Bibliografie

INTRODUCERE

Congresul al XI-lea al Partidului Comunist Român a făcut bilanțul strălucitelor realizări în anii construcției socialiste și a luat hotărâri de importanță istorică în vederea făuririi societății socialiste multilateral dezvoltate și înaintării României pe calea edificării comunismului.

În rezolvarea mării sarcini privind crearea unei puternice baze tehnico-materiale, construcțiile au un rol hotărâtor, fiind una din principalele ramuri ale producției materiale care reprezintă în țările socialiste peste 40 % din totalul investițiilor. Producția de construcții este alcătuită din construcțiile terminate și gata pentru a fi date în funcțiune, dintre care unele (hale industriale, ateliere, centrale termo- și hidroenergetice, porturi etc.) asigură darea în exploatare a unor *noi mijloace fixe de producție*, iar altele (locuințe, școli, spitale, teatre, cluburi și alte obiecte social-culturale) a unor *mijloace fixe neproductive*, precum și din extinderea celor existente.

Toate lucrările de construire și extindere a clădirilor și diferitelor construcții se numesc *lucrări de construcții*, iar prin *lucrări de montaj* se înțeleg lucrările de asamblare, instalare și echipare cu dispozitive de deservire necesare pentru punerea în funcțiune a mașinilor și utilajelor.

Prin *industria construcțiilor* se înțelege totalitatea organizațiilor de construcții și montaj, care dispun de o dotare tehnică modernă, de cadre permanente de muncitori și specialiști de înaltă calificare și care realizează producția de construcții prin *metode industriale*.

Începând din anul 1948 producția de construcții a cunoscut în țara noastră, un total și esențial proces de transformare continuă, ilustrat îndeosebi prin creșterea impresionantă a producției, industrializarea construcțiilor și folosirea celor mai noi cuceriri ale științei și tehnicii construcțiilor. Constructorii români au realizat în 1970 un volum al producției de construcții-montaj de circa 11 ori mai mare decât în 1950, iar pentru cincinalul 1976—1980 se prevede un volum de investiții de 920—960 miliarde lei, din fondurile statului, iar producția de construcții-montaj va prezenta în 1980 o creștere de circa 1,5 ori față de 1975.

Liniile directe ale dezvoltării economico-sociale a României pentru perioada 1981—1990 au în vedere o creștere a volumului investițiilor pe economie de peste două ori față de perioada 1971—1980.

Înfăptuirea în ritm rapid a acestui volum atât de mare de construcții pune în fața constructorilor sarcina de a lua toate măsurile pentru a construi *cît mai mult, mai repede și de calitate mai bună*, perfecționînd neîncetat întreaga lor activitate și introducînd atât structuri, concepții și metode de calcul, tehnologii și metode de organizare avansate, cît și materiale moderne, noi și eficiente.

Formarea profesională și activitatea practică a unui inginer constructor, specialist de înaltă calificare, trebuie să corespundă sarcinilor trasate de Partidul Comunist Român, cunoștințele sale tehnice, teoretice și practice trebuie să fie la nivelul celor mai noi cuceriri ale științei și tehnicii mondiale și să cuprindă toate problemele multiple și complexe, ale domeniului său de activitate, probleme prevăzute cu toată atenția în planurile de învățămînt ale facultăților de construcții.

Partea întâi
ELEMENTE GENERALE DE TEORIA, SIGURANȚA
ȘI TEHNICA CONSTRUCȚIILOR

Capitolul 1

GENERALITĂȚI. ALCĂTUIREA GENERALĂ A CONSTRUCȚIILOR

1.1. CLASIFICAREA CONSTRUCȚIILOR. CERINȚE FUNCȚIONALE

Construcțiile sînt produse *imobile*, care se folosesc numai acolo unde au fost create, fiind legate direct de teren. Pămîntul servește întotdeauna ca fundație pentru construcții, dar uneori constituie și parte integrantă a construcției (de exemplu, la terasamente, canale etc.).

1.1.1. CLASIFICAREA CONSTRUCȚIILOR

În construcții se folosesc diverse clasificări în funcție de obiectivele urmărite : proiectare, prescripții tehnice, evidență economică sau statistică, planificarea și organizarea lucrărilor, documentare etc. Clasificarea contribuie în mod deosebit la alegerea soluțiilor raționale și economice în proiectare prin diversificarea condițiilor și soluțiilor tehnice pentru fiecare tip de construcție (acțiuni, regim de exploatare, durată de serviciu, rezistență la foc, calitate etc.) în funcție de destinație, criteriul complex al calității, gradul de durabilitate al construcțiilor și de alte criterii.

Omogenitatea clasificării se asigură prin gruparea construcțiilor asemănătoare prin elementele principale comune de proiectare și execuție.

De obicei, clasificările se fac în mai multe trepte de detaliere, ca în cazul clasificării CAER pentru documentare în domeniul clădirilor și construcțiilor inginerești, prin împărțirea succesivă a treptelor în zece grupe pe baza principiilor de clasificare zecimală.

În *clasificarea funcțională sau după destinație* se grupează construcțiile asemănătoare din punctul de vedere al cerințelor funcționale și al amplasamentului geografic. Din acest punct de vedere, construcțiile se împart în clădiri și construcții inginerești.

Clădirile sau construcțiile civile, industriale și agricole adăpostesc oameni sau alte viețuitoare, activitatea omenească și produsele muncii, de intemperii atmosferice (viscol, ger, vînt, ploaie, arșița soarelui etc.), făcînd posibilă adaptarea la mediul geografic atît de variat și cu clime atît de diferite. La construcțiile civile, *factorul-om* impune principalele cerințe, care sînt pe întreaga suprafață a globului puțin diferite.

Construcțiile inginerești sînt toate celelalte construcții : căile de comunicații terestre, aeriene și pe apă, construcțiile hidrotehnice și subterane, liniile de transport ale energiei electrice etc.

Această clasificare funcțională se continuă cu clasificarea în alte câteva trepte, prin adâncirea caracteristicilor specifice determinante și reprezentative, care definesc obiectul respectiv și se referă, de la caz la caz, la : geometrie (număr de niveluri, înălțime, deschidere, lungime etc.), soluție constructivă (structură), amplasament, teren, materiale folosite etc.

1.1.2. CERINȚE FUNCȚIONALE. ECOLOGIE UMANĂ

Construcțiile civile și în special locuințele au devenit în ultimele decenii, în cea mai mare parte, produse industriale de mare serie, executate din prefabricate confectionate în fabrici prin metode industriale. În aceste condiții, este utilă abordarea problemei construcțiilor în același mod ca și pentru celelalte produse industriale : se începe întotdeauna prin precizarea problemei care trebuie rezolvată, anume prin indicarea *performanțelor* (cerințelor). Conceptul de performanță ajută proiectarea pentru a concepe construcții cât mai corespunzătoare cerințelor ; orice rezolvare sau soluție este valabilă numai dacă răspunde ansamblului cerințelor exprimate. Prescripțiile tehnice actuale cuprind din ce în ce mai mult recomandări privind lista tuturor acestor cerințe, ca și nivelul lor, pentru diferite tipuri de construcții civile în care trăiesc oameni : locuințe, birouri, spitale, săli publice, instituții de învățământ etc. Asemenea preocupări au existat întotdeauna în istoria clădirilor, dar abia în ultimii 30...40 ani, o dată cu apariția și dezvoltarea științelor construcțiilor, aceste recomandări au fost stabilite pe baze științifice.

Pentru cunoașterea cerințelor funcționale legate de viața omului în clădiri, științele construcțiilor fac apel la diverse alte științe, printre care și la noua știință a *ecologiei umane*, tot așa după cum pentru construcțiile agrozootehnice se întrebuințează ecologia animală sau a plantelor. Termenul de ecologie, alcătuit din cuvintele grecești *oikos-casă* și *logos-cuvânt, studiu*, reprezintă un grup de discipline, care se ocupă cu studiul interrelațiilor dintre organisme și modul lor de viață (biotic și abiotic), ținând seamă de mediul înconjurător.

Se pot distinge diferite cerințe funcționale rezultate din viața fiziologică, psihologică și economică a locatarilor și anume :

— *cerințe psiho-fiziologice*, ca : acustica, higrotermica, puritatea aerului, iluminatul și calitatea luminii, radiațiile, ambianța socială, estetica, siguranța structurilor la acțiuni mecanice, la paza contra incendiilor și a răufăcătorilor, accesul de la calea de comunicație etc. ;

— *cerințe sociologice* privind adaptarea spațiului de locuit și a ansamblului construcției la viața individului și a familiei sau în interesul colectivității (evoluția cerințelor, reglementări sociale, nivelul sonor, vicierea sau poluarea aerului și a apei etc.), ținând seamă de *istoria sa* și de *zona geografică* în care sunt realizate construcțiile ;

— *cerințe economice*, care se pot împărți în cerințe economice propriu-zise (cost, indici tehnico-economici etc.) și în exigențe de durabilitate.

Cerințele psiho-fiziologice și sociologice sintetizează ansamblul cerințelor privind *aptitudinea clădirilor* pentru a fi locuite, pe scurt *condițiile de locuibilitate* care determină siguranța, confortul și durabilitatea.

Unele cerințe se pot exprima prin valori absolute ca, de exemplu, conținutul de oxid de carbon din aerul care se respiră ; alte cerințe, denumite cerințe de confort care sînt legate de educație, tradiție, de posibilitatea și mijloacele materiale, nu se pot exprima decît prin valori relative față de o valoare etalon. În general, prescripțiile tehnice din diferite țări prevăd trei niveluri de confort : modest, mediu și superior, considerate azi ca suficiente pentru majoritatea cerințelor funcționale. Asociația americană de sănătate consideră patru niveluri : a nu muri ; a nu fi bolnav ; a fi în condiții de muncă eficiente ; a fi în condiții agreabile.

De asemenea, trebuie cunoscute principalele date exterioare cu privire la mediul înconjurător și anume :

— *date naturale*, cum sînt cele climatice : temperatura și înghețul, higrometria, vîntul, însoțirea sau nebulozitatea, ploaia sau zăpada, datele geotehnice, seismice etc. ;

— *date impuse de prezența și acțiunea omului* în aglomerație : nivelul acustic exterior, vicierea atmosferică, fenomene luminoase jenante, evacuarea apelor menajere și a gunoaielor etc.

Pe de altă parte, orice clădire nu poate corespunde cerințelor din categoria sa, dacă nu sînt respectate *condițiile normale de bună exploatare*.

Cerințele funcționale, datele exterioare și condițiile de exploatare reprezintă ansamblul elementelor a căror rezolvare științifică este necesară pentru concepția de ansamblu a construcției. Cerințele funcționale pentru diferite tipuri de construcții indicate în prescripțiile oficiale se îmbunătățesc odată cu ridicarea generală a nivelului de viață socială, în funcție de posibilități și se completează odată cu dezvoltarea generală a științelor.

1.2. ALCĂTUIREA GENERALĂ A CONSTRUCȚIILOR CIVILE

Alcătuirea generală a construcțiilor civile a fost influențată în întreaga evoluție a istoriei construcțiilor de nivelul forțelor de producție și de proprietățile materialelor de construcție disponibile în fiecare epocă istorică. Timp de peste cinci milenii, materialele de construcție au fost piatra, lemnul și produsele ceramice (betonul a fost utilizat de romani numai ca material de umplutură), materiale cu posibilități tehnice limitate (piatra, cărămida și betonul nu pot prelua tensiuni, lemnul este combustibil și necesită îmbinări relativ dificile).

De abia după impresionanta dezvoltare a științei și tehnicii, odată cu descoperirea și utilizarea în ultimele două secole a unor noi materiale de construcție, cu proprietăți fizico-mecanice superioare, cum sînt oțelul, betonul armat și precomprimat, materialele plastice etc., s-a putut trece la o concepție științifică privind alcătuirea generală a construcțiilor civile, ținîndu-se seama de principalii factori determinanți.

1.2.1. PRINCIPALII FACTORI DETERMINANȚI ÎN CONCEPȚIA ȘI ALCĂTUIREA CONSTRUCȚIILOR

Construcțiile sînt menite a crea condiții optime pentru adăpostirea și desfășurarea activității și vieții omenești, ținînd seama de condițiile impuse de natura sau mediul înconjurător în mijlocul căruia se execută (teren, climă etc.).

De aceea, factorii principali care determină concepția, alcătuirea și modul de execuție a construcțiilor sînt, în general, omul, activitatea omenească și natura.

1.2.1.1. Factorul-om. Omul necesită în orice punct de pe suprafața globului aproape aceleași condiții fiziologice-igienice (temperatură, umiditate și viteză a aerului în încăperi, lumină, nivel sonor etc.), determinate de anatomia și fiziologia sa, în vederea asigurării celor mai bune condiții de sănătate, percepție, muncă, odihnă și recreere.

1.2.1.2. Factorul-activitate omenească. Activitatea omenească pentru care este destinată construcția capătă aspecte din ce în ce mai diferite și determină cerințe funcționale din ce în ce mai variate. Diversitatea acestor cerințe funcționale sporește neîncetat odată cu dezvoltarea economică și cu progresul tehnic al societății, odată cu specializarea producției, dezvoltarea și crearea de noi ramuri ale activității omenești. Cerințele funcționale se precizează, de obicei, prin elementele procesului tehnologic al activității omenești pentru care este destinată construcția și prin cerințele prezentate la punctul 1.1.2.

Procesul funcțional sau cerințele funcționale caracterizate de factorul-om și de activitatea omenească, determină:

- *utilizarea spațiului*, adică modul de distribuire (forme, dimensiuni) și de legătură pe orizontală și pe verticală a spațiilor și volumelor construcțiilor, care sînt precizate și de considerentele de ordin urbanistic și arhitectonic. Compoziția depinde de următorii factori principali, care acționează în comun: gruparea spațiilor interioare, utilajul și gradul de confort din construcții, condițiile exterioare și locale;

- *acțiunile mecanice, fizice, chimice și uneori biologice* exercitate asupra construcțiilor.

1.2.1.3. Factorul-natură. Natura exercită asupra construcțiilor, de asemenea, acțiuni mecanice, fizice, chimice și biologice deosebit de variate, datorită atât datelor geografice ale amplasamentelor construcțiilor (teren: geologie și geomorfologie, relief, hidrografie, seismicitate; climă: vînt, temperatură, precipitații etc.; faună; zăcămintele de materii prime; materiale locale etc.) atît de diferite pe suprafața globului, împărțit în zone climaterice, regiuni și raioane fizico-geografice, cît și caracteristicilor geotehnice ale pămîntului de fundație.

Acțiunea eoliană și seismică, prin excelență acțiuni dinamice, reprezintă caracteristici deosebit de importante ale *mediului mecanic climatic*, constituit în întregime din numeroase alte acțiuni ale naturii (mediului înconjurător).

Factorii enumerați trebuie să fie astfel coordonați încît construcția în ansamblu să reprezinte un tot unitar, care să satisfacă și exigențele de *ordin estetic*, cu atît mai mult cu cît unele construcții sînt adevărate mesagii pentru generațiile viitoare.

Ca orice element viu, ființele omenești pot supraviețui pe glob numai atîta timp cît mediul înconjurător corespunde nevoilor lor de existență.

În țara noastră, astăzi sînt legiferate apărarea și conservarea mediului înconjurător, astfel că industrializarea, ca și întreaga dezvoltare a țării se realizează fără ca ele să dăuneze mediului înconjurător și deci vieții, sănătății și muncii locuitorilor săi.

Construcțiile civile adăpostesc variate procese funcționale, care se pot grupa după indici spațiali (de suprafață și volum), calități de exploatare și confort etc., astfel:

- *procesele funcționale cu un număr redus de oameni*, ca: găzduirea bolnavilor, cazarea muncitorilor, elevilor și studenților etc., care necesită încăperi asemănătoare, deci *distribuții celulare* și condiții optime de temperatură (18...20°C), umiditate relativă a aerului (30...40%), izolație și iluminare naturală. Distribuțiile celulare se folosesc și pentru clădiri administrative, unele magazine etc. cu regim normal de exploatare (temperatură 16...18°C și umiditatea relativă a aerului 60...80%), precum și pentru clădiri de locuit (fig. 1.1);

- *procesele funcționale cu un număr mare de oameni*, vizitatori, spectatori, necesitînd *spații mari*, ca de exemplu: teatre, cinematografe, expoziții, săli sportive, săli de curs, amfiteatre etc. (fig. 1.2.). La aceste procese nu se folosește, de obicei, iluminarea naturală; clădirea se prevede cu iluminare artifi-

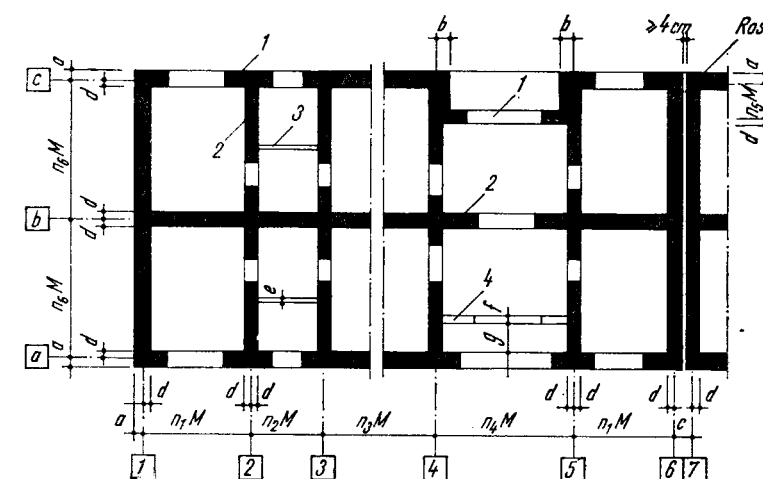


Fig. 1.1. Plan modulat de arhitectură pentru o clădire de locuit cu distribuție celulară și pereți portanți din panouri mari de beton:

$n_1M \dots n_6M$ — cote modulate; $a \dots g$ — cote nemodulate; 1 — perete exterior portant; 2 — perete interior portant; 3 — perete despărțitor neportant; 4 — perete interior neportant (Proiect I.S.L.G.C., 1974).

cială și instalații de condiționarea aerului (temperatura de 15...18°C și umiditatea relativă a aerului de 50...60%);

- *procesele funcționale diverse* constînd dintr-o serie de procese izolate, care necesită spații diferite ca mărime și climat interior, cum sînt: garile, băile, spălătoriile, cluburile, bibliotecile etc. Pentru aceste procese funcționale se folosesc *distribuții spațiale combinate* din săli mari și încăperi cu distribuție celulară (fig. 1.3. și 1.4.);

- *procesele funcționale în aer liber*, care necesită construcții sau amenajări descoperite (stadion, velodrom, hipodrom etc.) și se desfășoară cu aglomerații mari de oameni.

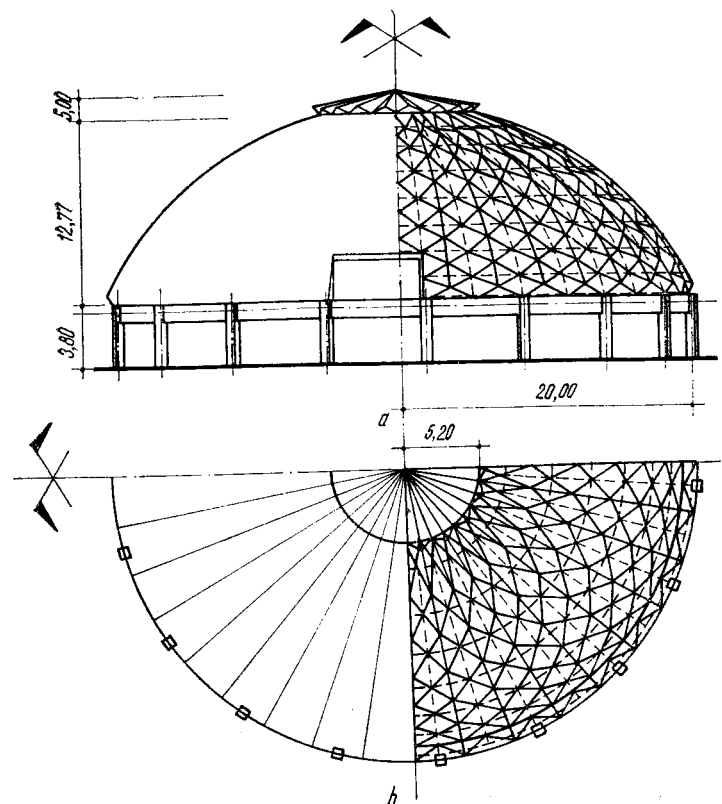


Fig. 1.2. Clădirea sală Aquarium din Tokio, cu acoperișul în formă de cupolă din ferme spațiale din țevi de aluminiu anticoroziv în atmosferă marină:

a - elevație; b - plan.

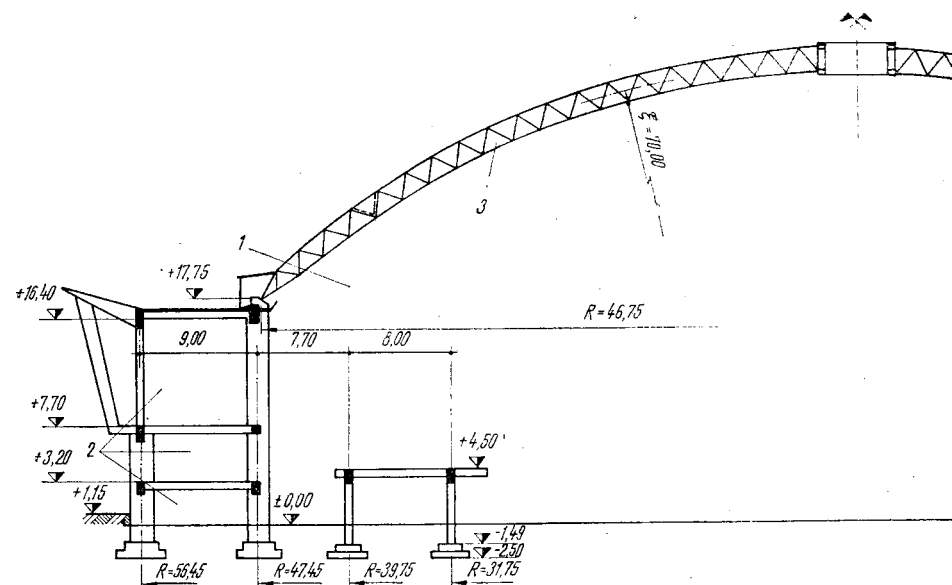


Fig. 1.3. Pavilionul Expoziției Naționale din București, clădire cu distribuții spațiale combinate (proiect I.P.C.M.C. și I.P. Timișoara; conducere proiect Acad. prof. ing. D. Mateescu): 1 - sală mare cu utilizări multiple (polivalentă); 2 - încăperi celulare; 3 - arce cu secțiune transversală triunghiulară, cu înălțimea de 2,1 m.

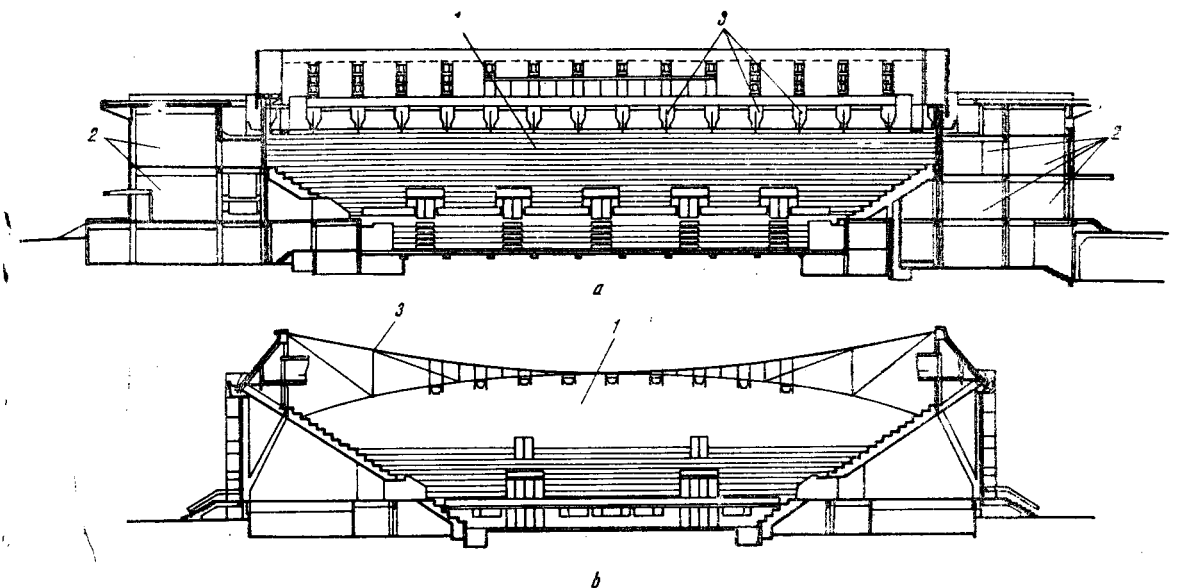
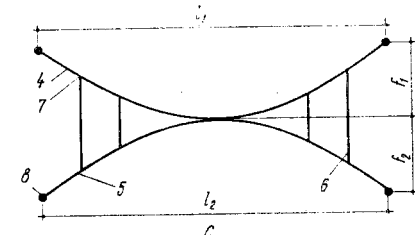


Fig. 1.4. Palatul Sporturilor și Culturii din București (proiect I.S.L.G.C.; conducere proiect ing. N. Laszlo):

a - secțiune longitudinală; b - secțiune transversală; c - schema acoperișului suspendat cu ferme din cabluri; 1 - sală mare, cu utilizări multiple (polivalentă); 2 - încăperi celulare; 3 - ferme din cabluri; 4 - cablu portant; 5 - cablu întinzător; 6 - montant; 7 - nod; 8 - ancorare la structura de margine.



1.2.3. TIPURI PRINCIPALE DE CONSTRUCȚII CIVILE

În varietatea de construcții civile se pot distinge patru tipuri principale, deosebite prin particularități funcționale, constructive și tehnico-economice.

1) *Construcții cu distribuții celulare și pereți portanți* (v. fig. 1.1.) având, de obicei iluminare naturală: grădinițe, școli, magazine mici, dispensare, locuințe etc. Structura de rezistență curent folosită constă din pereți portanți și planșee plane prefabricate. Forma în plan a acestor clădiri cu puține niveluri este de obicei, un dreptunghi sau o asocierie de dreptunghiuri.

2) *Construcții cu distribuții celulare și schelet de rezistență* alcătuite în plan dintr-una sau mai multe încăperi, care se repetă, cum sînt cele de la punctul 1, precum și spitale, magazine universale, birouri; sînt clădiri mari, cu mai multe niveluri (în jur de 10) sau clădiri înalte (peste 15...20 niveluri), în general, cu aceeași înălțime pe nivel, cu lățimi relativ mici și cu pereți despărțitori amplasați între stîlpii scheletului metalic, din beton armat sau din beton precomprimat. Rețeaua stîlpilor este influențată de dimensiunile încăperilor (fig. 1.5). Există în prezent tendința de a se folosi aceste tipuri de structuri de rezistență din ce în ce mai mult pentru construcțiile civile importante ca hoteluri, birouri, clădiri publice etc., cu rețele de stîlpi de deschideri mari 6×6 ; 9×9 ; 9×12 ; 12×12 sau 18×18 m, ceea ce permite proiectarea unor partiuri de arhitectură cu mare elasticitate și adoptarea pentru structura de rezistență a unor

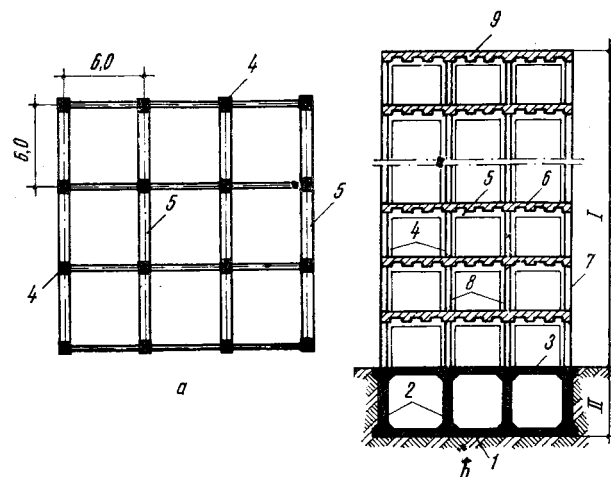


Fig. 1.5. Structuri în cadre, folosite pentru clădiri cu distribuție celulară :
a - plan; b - secțiune; 1 - fundație; 2 - elemente portante ale subsolului; 3 - planșeu peste subsol; 4 - stâlpi de cadru; 5 - riglă de cadru; 6 - planșeu între etaje; 7 - pereți exteriori; 8 - pereți interiori; 9 - planșeu de acoperis; I - suprastructură; II - infrastructură.

elemente prefabricate de serie, corelate cu cele folosite la o gamă mai largă de construcții civile sau industriale. În acest caz, asemenea clădiri ajung la dimensiuni mari în plan, cu lungimi și lățimi de zeci de metri, cum este, de exemplu, imobilul Kamusigasaki din Tokio, proiectat de K. M u t o, cu dimen-

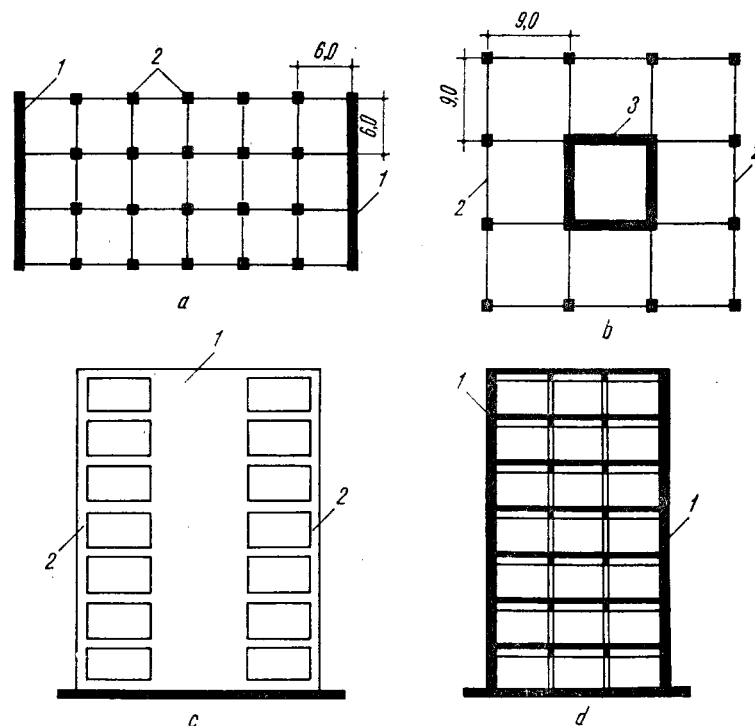


Fig. 1.6. Structuri mixte, din cadre cu diafragme, pentru clădiri cu distribuție celulară :

a - plan structură cadre cu diafragme de timpan; b - plan structură stâlpi și nucleu (simbu-re) central din diafragme; c; d - secțiuni structuri mixte din cadre și diafragme; 1 - diafrag-me; 2 - cadre; 3 - nucleu central.

siuni în plan de $84,00 \times 42,90$ m și înălțime de 150 m, având 36 etaje. Capacitatea mare a construcției necesită măsuri speciale de transport pe verticală, de evacuare în caz de incendiu și un grad ridicat de dotare tehnică.

Paralel cu structurile în cadre se utilizează din ce în ce mai mult structurile mixte, alcătuite din cadre și diafragme (fig. 1.6) sau structuri cu stâlpi și dală groasă (fig. 1.7).

3) *Construcții sală*, având la baza formei un singur spațiu mare, care necesită un acoperiș de deschidere mare, de exemplu : Palatul Sporturilor și Culturii din București, cu acoperișul rezolvat cu ferme din cabluri (v. fig. 1.4).

4) *Construcții combinate dintr-una sau mai multe săli mari și alte încăperi cu distribuție celulară*, de exemplu : săli de sport acoperite, săli de spectacole, de expoziții etc. (v. fig. 1.3). Porțiunea de clădire cu distribuție celulară poate fi cu schelet de rezistență, cu pereți portanți, cu structură mixtă sau din stâlpi și dală groasă.

Stadioanele, bazinele de înot, hipodromurile etc. sînt construcții descoperite, alcătuite, în principal, dintr-o arenă și tribune, care se pot executa din lemn, pământ, zidărie, beton, beton armat monolit sau precomprimat, elemente prefabricate sau structuri mixte.

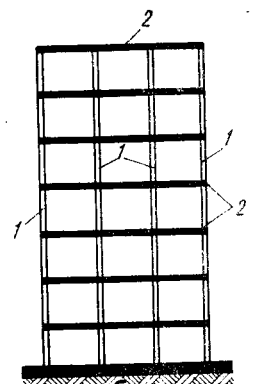


Fig. 1.7. Secțiune prin structură cu stâlpi și dală groasă :

1 - stâlpi; 2 - dală groasă.

1.2.4. ELEMENTE ȘI LUCRĂRI DE CONSTRUCȚII. CAPITOLE DE LUCRĂRI

Orice clădire este alcătuită dintr-o serie de elemente de construcție, îndeplinind roluri sau funcții bine definite în ansamblul construcției. Clădirile sînt executate de muncitori de specialități diferite, din materiale diverse și cu structuri corespunzătoare pentru satisfacerea în cele mai bune condiții a cerințelor tehnico-economice.

Principalele elemente de construcții componente ale unei clădiri sînt : elemente de rezistență portante (verticale sau orizontale), elemente de contravîntuire, despărțitoare, de finisaj etc.

1.2.4.1. *Elemente de rezistență*. Asigură rezistența, rigiditatea și stabilitatea construcției, alcătuiind structura de rezistență a clădirii compusă din : fundații, ziduri, stâlpi, planșee, șarpanta acoperișului și elemente de circulație pe verticală (scări, planuri înclinate etc.). Elementele de rezistență îndeplinesc de cele mai multe ori și funcțiunea de element despărțitor (pereții portanți, planșeele etc.).

Printre elementele de rezistență se deosebesc :

— *elemente portante verticale*, care suportă și transmit forțele sau acțiunile verticale, gravitaționale (acțiuni permanente, acțiuni utile datorate procesului de exploatare etc.) pînă la fundații și la terenul de fundație. Elementele portante verticale sînt : stâlpii, pilaștrii, coloanele, contraforții de diferite forme și din diferite materiale (zidărie, beton armat, beton precomprimat, oțel etc.); diafragmele sub formă de pereți, simburii sau nuclee de zidărie, de beton monolit sau din elemente prefabricate, nearmate, armate sau precomprimate; bolțile sau arcele de descărcare peste goluri în pereți; cadrele și cadrele-diafragmă etc;

— *elemente portante orizontale*, care suportă acțiunile verticale gravitaționale și le transmit structurii de rezistență verticale : planșeele dintre etaje sau de

acoperiș; structurile plane speciale cu rigiditate în plan orizontal (cadre orizontale, grinzi și grinzi-pereți dispuse orizontal, sisteme orizontale triangulate); fundațiile de diferite forme (fundații izolate sau continue, radier general etc.);

— *elemente de contravîntuire*, care preiau și transportă forțele orizontale (vînt, în unele cazuri seisme) pînă la terenul de fundație, asigurînd rigiditatea structurii sau a unei părți din structură la forțe laterale. În acest scop, elementele de contravîntuire trebuie să împiedice și să reducă cît mai mult deplasările orizontale ale structurii datorate acțiunilor orizontale. Ca elemente specifice de contravîntuire se pot menționa: stîlpi și cadre de contravîntuire; grinzi cu zăbrele în poziție verticală sau numai contrafișe; pereți de rigidizare sau nuclee centrale etc. Dimensionarea elementelor de contravîntuire se face pe bază de criterii de rigiditate, de exemplu, prin limitarea deplasării orizontale, deci a săgeții, de la virful structurii, datorită acțiunilor laterale în cadrul unor valori admise. Se pot admite pentru săgeata maximă de la virful structurii, provenită din încărcările orizontale, valori mai mici sau egale cu $1/500 \dots 1/1\,000$ din înălțimea structurii de deasupra fundațiilor, sau chiar valori mai mari decît $1/500$ pînă la $1/300$, în funcție de natura structurii, nivelul metodelor de calcul adoptate, exigența prescripțiilor tehnice din țara respectivă etc.

Se menționează că principalele elemente de rezistență sînt solicitate atît de forțe verticale, cît și de forțe orizontale, cum sînt, de exemplu, planșeele, care lucrează ca placă și diafragmă orizontală sub acțiunea încărcărilor verticale și orizontale sau pereții portanți, de rezistență pentru încărcările verticale, care îndeplinesc deseori și funcțiunea de pereți de contravîntuire pentru preluarea și transmiterea acțiunilor laterale, orizontale (vîntul, uneori cutremurul) la terenul de fundație.

Elementele de rezistență, verticale și orizontale, se pot grupa în două părți principale ale structurii de rezistență a unei construcții (v. fig. 1.5, b):

— *suprastructura*, care cuprinde ansamblul elementelor de rezistență din structură, verticale, orizontale sau înclinate, situate deasupra nivelului terenului, a cărei alcătuire și metodă de calcul se determină ținîndu-se seama de interacțiunea dintre structură și acțiunile verticale și orizontale. În cazul încărcărilor laterale din vînt, problema capătă aspecte complexe din cauza interacțiunii a trei medii: structură, mediu înconjurător (topografie, rugozitate etc.) și aerul în mișcare, sub formă de vînt;

— *infrastructura*, care cuprinde ansamblul complex al elementelor de rezistență, situate sub nivelul terenului, alcătuit, în principal, din subsoluri și fundații. Concepția și calculul infrastructurii trebuie să țină seamă de interacțiunea complexă dintre infrastructură cu terenul de fundație și cu suprastructura, toate trei reprezentînd corpuri solide, diferite din punctul de vedere al comportării și conlucrării mecanice.

1.2.4.2.. **Elemente despărțitoare.** Sînt elemente de închidere sau compartimentare care despart încăperile clădirii între ele și interiorul clădirii de atmosfera înconjurătoare. Elementele despărțitoare pot fi: verticale, cum sînt pereții neportanți sau de umplutură (interiori sau exteriori) sau orizontale precum planșeele sau acoperișurile. Elementele de izolare intră, de obicei, în alcătuirea elementelor despărțitoare.

1.2.4.3. **Elemente sau lucrări de finisaj.** Servesc pentru a da construcțiilor un aspect estetic, completează uneori alcătuirea constructivă și comportarea elementelor de construcție din punctul de vedere al condițiilor tehnice capitale, mecanice, fizice, chimice și uneori biologice. Finisajele cuprind: pardoseli, tîmplărie, geamuri, tencuieli exterioare și interioare, placaje, zugrăveli și vopsitorii etc.

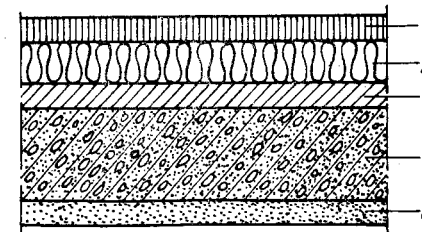


Fig. 1.8. Subansamblu — planșeu:

1 — strat de uzură sau de circulație; 2 — strat izolant fonic; 3 — strat de egalizare; 4 — planșeu de rezistență; 5 — tavan (strat de finisaj, rezistent la foc, absorbant fonic, reflectant de lumină sau barieră de vapori).

Elementele de rezistență și despărțitoare împreună cu cele de finisaj aferente se denumesc uneori *complexe* sau *subansambluri* cînd îndeplinesc împreună funcțiuni complexe. De exemplu, subansamblul planșeu din figura 1.8 este alcătuit din planșeu de rezistență, tavanul gata finisat și pardoseala (stratul de circulație, stratul izolant fonic, de egalizare etc.).

1.2.4.4. **Detalii de decorație, ornamente.** Sînt elemente secundare care completează elementele principale de construcție în scopul înfrumusețării și în același timp al îmbunătățirii comportării lor la agenții exteriori (lăcrimare, brîie, ancadramente din fațade etc.).

Elementele de construcție au pondere diferită în alcătuirea construcțiilor ca preț, greutate, consum de manoperă etc.

În afară de elementele și lucrările de construcții, orice clădire cuprinde *elemente și lucrări de instalații*, prin care se asigură confortul și igiena. Lucrările de instalații necesare pentru buna funcționare a clădirii sînt: de încălzire, tehnico-sanitare (apă caldă sau rece, canalizare, crematorii pentru arderea gunoaierilor și deșeurilor), electrotehnice (iluminare artificială, sonerii, telefoane etc.), de ventilație (ventilație artificială, condiționare aer), de ascensoare etc. Utilajele tehnologice nu sînt cuprinse în instalații, chiar dacă necesită lucrări de montaj, care fac parte din devizul lucrării. Elementele și lucrările de construcții și instalații sînt diferite în funcție de destinația construcției, de condițiile tehnico-economice cerute pentru fiecare construcție în parte etc.

Capitolele de lucrări reprezintă totalitatea lucrărilor de construcții executate la o clădire, care se aseamănă prin forțele și mijloacele de muncă folosite (materiale, utilaje, scule), precum și prin funcțiunile pe care le îndeplinesc în clădiri, dar care pot fi executate la epoci diferite de timp și în diferite locuri în spațiul clădirii. Capitolele de lucrări sînt: zidăriile, tencuielile, dulgheria, tîmplăria, confecționarea și montarea armăturii, turnarea betonului, montarea elementelor prefabricate etc. Ele sînt folosite la întocmirea devizelor, reprezentînd părțile principale ale normelor de deviz.

1.3. CONDIȚII TEHNICE PENTRU CONSTRUCȚII. CALITATEA CONSTRUCȚIILOR

1.3.1. CONDIȚII TEHNICE PENTRU CONSTRUCȚII ȘI ELEMENTE DE CONSTRUCȚII

Vitruviu recomandă în lucrarea *Despre arhitectură* ca la proiectarea construcțiilor să stea la bază ideea unității a trei atribute: *soliditate, utilitate și frumusețe* (*firmitas, utilitas, venustas*). El nu menționează nimic despre atributele economice ale construcțiilor, indispensabile în condițiile actuale ale producției lor industriale, de masă.

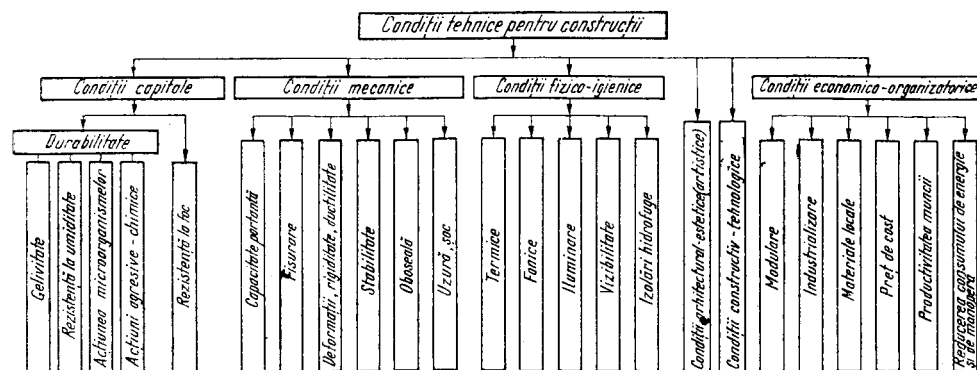


Fig. 1.9. Condiții tehnice pentru construcții și elemente de construcții.

Fiecare construcție sau element de construcție trebuie să satisfacă, pe lângă principiile urbanistice, de distribuție și plastică arhitectonică, care se studiază în cadrul altor discipline, un ansamblu de condiții sau cerințe tehnico-economice, dintre care cele mai importante sînt prevăzute în schema din figura 1.9.

1.3.1.1. **Condiții capitale.** Sînt legate de durabilitatea elementelor de construcție, adică de rezistența lor la foc și la acțiunile distrugătoare ale mediului înconjurător (îngheț-dezghet, umiditate, acțiunea biologică a microorganismelor și acțiunea agenților chimici agresivi).

1.3.1.1.1. **Durabilitatea construcțiilor.** Se caracterizează prin durabilitatea principalelor elemente de construcție, determinată prin durata lor de funcționare normală, fără pierderea calităților necesare de exploatare și care poate fi, de regulă: *ridicăta*, de gradul I, cu durată de funcționare mai mare de 100 ani; *mijlocie*, de gradul al II-lea, cu durată de funcționare între 50 și 100 ani; *obișnuită*, de gradul al III-lea, cu durată de funcționare între 20 și 50 de ani. Elementele de construcție cu durabilitate redusă au durata de funcționare mai mică de 20 de ani și se folosesc numai la construcții provizorii sau semipermanente.

Gradele de durabilitate ale elementelor de construcții pentru clădiri cu diferite destinații sînt indicate în prescripțiile tehnice de proiectare.

Durabilitatea construcțiilor rezidă în rezistența elementelor și a materialelor de construcții la acțiunea înghețului, a umidității, a microorganismelor și a mediilor agresive.

1) **Rezistența la îngheț-dezghet sau gelivitatea materialelor și elementelor** se caracterizează prin numărul de cicluri de îngheț-dezghet (suportate în condiții precizate) a produsului saturat cu apă, cu păstrarea calităților sale de exploatare (limitarea pierderilor din rezistență sau din greutate, a modificărilor de formă, dimensiuni și structură etc.). De exemplu, betoanele întărite se clasifică în betoane cu grade de gelivitate: G_{15} ; G_{25} ; G_{50} ; G_{100} și $>G_{100}$.

2) **Rezistența la umiditate a materialelor** se caracterizează prin rezistența față de acțiunea distructivă a umidității, care se manifestă prin scăderea rezistențelor și apariția deformațiilor (umflare, deformare, apariție de fisuri, exfoliere). Rezistența mecanică la umiditate se poate aprecia cu ajutorul *coeficientului de înmuiere*, care este raportul dintre rezistența probei de material saturat cu apă și a probei de material uscat la aer. Protejarea elementelor de construcție la umiditate se asigură prin izolări hidrofuge și bariere contra vaporilor.

3) **Rezistența la acțiunea biologică a microorganismelor** se caracterizează prin rezistența produselor față de acțiunea distructivă a proceselor biologice, care se

întîlnesc mai ales la materialele organice și la cele de natură minerală, măcinate, fibroase sau poroase.

4) **Rezistența la coroziune** se caracterizează prin rezistența produselor față de acțiunea distructivă a agenților din mediul înconjurător agresiv (fum, gaze, lichide, curenți vagabonzi etc.) și este influențată de gradul de finisare și de protecție a elementului de construcție.

1.3.1.1.2. **Grad de rezistență la foc.** Prin grad de rezistență la foc a unei construcții se înțelege capacitatea construcției de a rezista la solicitările termice și mecanice produse în timpul și din cauza incendiilor. Construcțiile se clasifică în 5 grade de rezistență la foc, în funcție de categoria de combustibilitate și limita de rezistență la foc a principalelor elemente componente. În prescripții sînt indicate condițiile minime pe care trebuie să le îndeplinească elementele principale ale unor construcții pentru încadrarea lor într-un anumit grad de rezistență la foc. Gradul de rezistență la foc a întregii clădiri este determinat de elementul principal de construcție a cărui comportare corespunde celui mai redus grad de rezistență la foc. Elementele de construcție se caracterizează din punctul de vedere al rezistenței la foc prin categoria lor de combustibilitate și prin limita lor de rezistență la foc.

1) **Combustibilitatea** unui element de construcție este determinată de natura materialului și de structura sa. Materialele și elementele de construcție se împart din punctul de vedere al combustibilității în trei categorii:

- *incombustibile*, care nu ard (pietre naturale, agregate, zgură, mortare și betoane, sticlă, elemente de construcție din oțel, din beton armat, din zidărie etc.);
- *greu combustibile (semicombustibile)*, care se aprind greu, ard fără flacără sau se carbonizează numai în prezența unei surse exterioare de căldură. Arderea sau carbonizarea încetează după îndepărtarea sursei de căldură. Proprietatea de semicombustibilitate poate fi naturală sau dobîndită pentru un anumit timp, printr-un mijloc de protecție. Elementele greu combustibile sînt și acelea executate din materiale combustibile protejate prin tencuire sau acoperire cu alte materiale incombustibile (lemn ignifugat, stabilit, elemente de lemn sau stufit tencuite pe ambele părți, chirpici cu greutatea volumetrică de minimum 9 000 N/m³ etc.);

- *combustibile*, care pot fi aprinse și ard mai departe cu sau fără flacără, chiar după ce sursa de căldură a fost îndepărtată (lemn, stufit, carton bitumat etc.). Elementele de construcție combustibile, protejate cu plăci din materiale incombustibile pot fi considerate ca greu combustibile dacă se asigură o bună etanșeitate la foc a rosturilor dintre plăci.

2) **Limita de rezistență la foc** a unui element de construcție este perioada de timp exprimată în ore, în care acest element rezistă acțiunii unor temperaturi, care variază în timp după o curbă temperatură-timp. Elementele cedază după trecerea acestui timp, astfel:

- elementele portante își pierd capacitatea portantă sau stabilitatea;
- elementele despărțitoare (de compartimentare) își pierd capacitatea de a se opune propagării incendiului datorită prăbușirii elementului, formării de crăpături pe toată grosimea elementului sau prin atingerea unei temperaturi mai mari de 150°C pe partea opusă incendiului.

Limita de rezistență la foc a elementelor de construcție se determină prin încercări reale, în laboratoare, în care temperatura variază în conformitate cu curba temperatură-timp.

Categoria de combustibilitate și limita de rezistență la foc a elementelor uzuale de construcție sînt indicate în *Normativul republican pentru proiectarea*

și executarea construcțiilor din punctul de vedere al prevenirii incendiilor [116], care cuprinde toate prescripțiile referitoare la rezistența la foc a construcțiilor, inclusiv măsurile privind evacuarea clădirilor în caz de incendiu.

1.3.1.2. Condiții mecanice. Aceste condiții se pun pentru siguranța construcțiilor la acțiunea solicitărilor exterioare și se exprimă prin date privind calculul structurilor și elementelor de rezistență la stările limită ultime (rezistență sau capacitate portantă, stabilitatea poziției sau formei construcției sau elementului, oboseala pentru elementele de construcție supuse la acțiuni oscilante sau alter-nante etc.) sau la stările limită ale exploatarei normale (fisurare — în special pentru elemente din beton, beton armat și beton precomprimat —, deformări, rigiditate). Pot exista și alte condiții mecanice de exploatare specifice fiecărei construcții, de exemplu : rezistență la uzură, la șoc etc.

Condițiile mecanice sînt precizate în prescripțiile tehnice în funcție de datele naturale, cerințele funcționale și de exploatare, acțiunile mecanice etc.

1.3.1.3. Condiții fizico-igienice. Condițiile fizico-igienice de exploatare sînt legate de factorii fizici externi sau din interiorul încăperilor (temperatura, viteza și umiditatea relativă a aerului, nivelul sonor, arșița soarelui, variațiile mari de temperatură, iluminarea etc.). Aceste condiții sînt importante pentru realiza-rea confortului (termic, fonic, de iluminare etc.) și a igienei în clădirile care adă-postesc viața și activitatea omenească, fiind legate de anatomia și fiziologia omului. Condițiile de igienă privesc eliminarea cauzelor de îmbolnăvire, iar cele de confort asigură o senzație agreabilă și un efort minim.

1.3.1.4. Condiții de ordin arhitectural-estetic. Condițiile artistice, de ordin arhitectural-estetic impun construcțiilor un aspect plăcut, o plastică și o com-poziție arhitectonică corespunzătoare destinației și cadrului înconjurător, o finisare de calitate etc.

Într-adevăr, construcțiile rezolvă în primul rînd problemele cu caracter utilitar, dar ele trebuie să fie legate armonios și de imagini estetice, artistice. Distribuția spațiilor și volumelor pe verticală și orizontală trebuie să se facă conform cerințelor funcționale, dar și în conformitate cu cerințele estetice, cu legile frumosului.

Constructorul italian Nervi arată că : *pentru o structură, calitatea estetică fundamentală este de a reda perceptibil și inteligibil schema sa statică, scurgerea eforturilor, de a exprima o schemă statică clară și spontană, evidentă pentru ori-cine. Aceasta este, dealtfel, și soluția cea mai economică, o calitate intrinsecă a oricărei arhitecturi de valoare.*

1.3.1.5. Condiții constructiv-tehnologice și economice-organizatorice. Aceste condiții privesc, în special, alcătuirea constructivă, modul de execuție tehnolo-gică, organizarea, economia și industrializarea construcțiilor, asigurarea unor indicatori tehnico-economici eficienți (creșterea productivității muncii, redu-cerea consumului de energie atît la execuție cît și în exploatare, reducerea pre-țului de cost, îmbunătățirea calității lucrărilor, eliminarea muncilor manuale etc.).

1.3.2. SIGURANȚA CONSTRUCȚIILOR

În general, prin îndeplinirea condițiilor de la paragrafele 1.3.1.1. și 1.3.1.2. se realizează *siguranța și durabilitatea* în timp a construcțiilor, iar prin îndeplini-rea condițiilor de la paragrafele 1.3.1.3. și 1.3.1.4. se asigură *confortul* construc-țiilor, promovat, în special, pentru satisfacerea condițiilor igienice și estetice în clădiri.

Termenul de siguranță este folosit în construcții uneori cu un conținut mai larg, care cuprinde siguranța la acțiunea încărcărilor, dar și siguranța la acți-unea focului, a trăsnetului, a circulației în clădiri și a alunecărilor pe pardo-seli și pe scări, a exploziilor și efectelor acestora, a electrocutării, a posibilită-ții de cădere etc. Astfel, prin siguranță se înțelege situația în care este elimi-nată orice cauză care ar putea provoca accidente în viața locatarilor din clădiri. În sensul cel mai general, termenul de siguranță definește starea (proprietatea, calitatea) unei construcții la care scoaterea sa din funcțiune, sub efectul acți-unilor mecanice, fizice și chimice, nu este considerată probabilă în perioada dată a existenței construcției. Pentru această stare se folosește în ultimul timp termenul de *fiabilitate*, cu largă utilizare în producția industrială și care este o măsură a gradului de satisfacere a cerințelor (performanțelor) pentru un mate-rial, element de construcție sau construcție, în raport cu destinația sa.

Termenul de fiabilitate corespunde deci unei noțiuni complexe și exprimă facultatea unei construcții de a-și păstra calitatea pe întreaga sa durată de existență în condiții determinate de exploatare normală. Se poate aprecia că noțiunea de fiabilitate cuprinde noțiunile de siguranță mecanică, confort și durabilitate pentru o construcție, ținînd seamă de exploatarea sa normală, corespunzător cerințelor funcționale, ca și de eventualele posibilități de repa-rații ale construcției pentru a-și menține calitatea în tot timpul existenței sale.

Teoria fiabilității în construcții constituie o nouă disciplină științifică, care studiază legile generale, ce trebuie respectate la elaborarea proiectelor, a încer-cărilor de probă, a execuției, recepției și exploatarei construcțiilor pentru a se asigura eficacitatea maximă a utilizării lor [51].

1.3.3. APRECIEREA CALITĂȚII ELEMENTELOR DE CONSTRUCȚII ȘI A CONSTRUCȚIILOR

Aprecierea calității elementelor de construcții și clădirilor se face în raport cu modul de satisfacere a condițiilor tehnice, a performanțelor sau a regulilor de calitate stabilite pentru fiecare element de construcție din diferite clădiri, ținînd seamă de destinația construcției și de condițiile reale de exploatare.

Cunoștințele tehnice actuale nu dau posibilitatea exprimării tuturor acestor reguli de calitate prin anumite mărimi ale caracteristicilor fizice perfect definite, în cadrul unor metode de calcul. De aceea, exprimarea calității se face practic, în mod obișnuit, sub trei forme :

— *științifică*, în cadrul unei metode de calcul, care folosește mărimile carac-teristice ale datelor exterioare, naturale sau impuse și cele fizice, caracteristice materialelor. Este, de obicei, cazul calculelor folosite în mecanica construcțiilor pentru structurile și elementele portante sau al calculelor legate de fizica construc-țiilor. De exemplu, în calculul grinzilor cu secțiune dreptunghiulară, constantă, solicitate la încovoiere pură, condiția mecanică bazată pe criteriul de rezis-tență, în metoda rezistențelor admise este : $\sigma_{t, ef} \leq \sigma_{t, a}$, adică mărimea tensiunii efective la încovoiere să nu depășească rezistența admisibilă a materialului din care este realizată grinda. Se poate observa că relațiile matematice folosite pentru exprimarea științifică a regulilor de calitate, a performanțelor, îmbracă, în general, forma unor inegalități (sau cel mult a egalităților) între cei doi termeni ai comparației (de exemplu efectiv-admisibil, necesar-efectiv);

— *tehnologică*, care folosește caracteristici tehnologice apreciate cu ocazia încercărilor tehnologice și se aplică atunci cînd nu se cunoaște metoda de calcul, dar se poate preciza tehnologia corespunzătoare de execuție;

— *funcțională*, legată de om, de viața și activitatea din clădiri, de exemplu, la un panou de fațadă se verifică rezistența sa la un șoc de 50 daN căzînd de la 2 m înălțime, corespunzător evitării străpungerii panoului prin izbirea sa de către un om.

Pentru construcții se poate adopta *clasificarea după criteriul complex al calității*, care împarte fiecare grupă de construcții în *clase de calitate*, determinate de:

— *caracterul capital al clădirii* precizat prin durabilitatea și gradul de rezistență la foc a principalelor elemente de construcții;

— *cerințele de exploatare* diferite pentru fiecare grupă de construcții. Astfel, pentru construcții ingineresti, cerințele de exploatare sînt caracterizate cu precădere de gradul de satisfacere a condițiilor funcționale, de durată de serviciu etc.

Cerințele de exploatare a clădirilor se pot caracteriza prin normele de suprafață, înălțime și volum pe unitatea de folosință, prin modul de distribuire a încăperilor precum și prin gradul de confort precizat prin: iluminare și vizibilitate, izolare termică și fonică, instalații tehnico-sanitare și dotări gospodărești, nivelul și calitatea lucrărilor de finisaj etc.

Construcțiile ingineresti și clădirile din fiecare grupă de construcții se împart în trei clase de calitate, după cum satisfac: *cerințe ridicate, medii sau obișnuite*, indicate în prescripțiile tehnice. Construcțiile neîncadrate în nici una din clase de mai sus se caracterizează din punctul de vedere al calității numai prin durabilitate și rezistență la foc. Uneori, pentru unele construcții se folosește clasificarea în cinci clase de calitate. Încadrarea fiecărei construcții în clase de calitate urmează a se face după importanța construcției în economia națională, în funcție de capacitatea de producție sau deservire, dimensiuni, amplasament, uzură morală etc.

În cadrul condițiilor tehnico-economice este necesar a se distinge *condițiile primordiale*, care asigură un minim indispensabil pentru viața și activitatea omenească (a nu muri, în clasificarea americană), pentru care sînt precizate valori absolute, determinate univoc, cum sînt condițiile mecanice de rezistență sau de stabilitate și *condițiile complementare*, influențate de tradiție, nivelul social al vieții, posibilitățile materiale etc., pentru care sînt recomandate valori relative, prezentînd majorări sau reduceri față de valoarea considerată necesară.

Regulile de calitate sau condițiile tehnico-economice se adaptează neconținut noilor cerințe funcționale și se desăvîrșesc odată cu progresul științelor și tehnicii construcțiilor, fundamentate pe rezultatele a numeroase alte științe.

1.4. PRESCRIPTII TEHNICE ÎN CONSTRUCȚII

Prescripțiile tehnice în construcții sînt un ansamblu de date și condiții cu caracter tehnico-economic, privind proiectarea, realizarea și recepționarea unui element, a unei lucrări sau a unei construcții. Prin obligativitatea aplicării lor, ele asigură rezolvarea optimă și unitară a problemelor tehnico-economice din construcții.

Standardele sînt prescripții tehnice prin care se stabilesc caracteristici pentru materiale, elemente prefabricate și instalații aferente construcțiilor, precum și principii fundamentale și date de bază pentru proiectarea, execuția și recepția construcțiilor. Standardele conțin principii și date complet studiate și verificate din punct de vedere teoretic și practic, care se referă la materiale și lucrări

cu o mare aplicabilitate. Pe plan internațional, se elaborează recomandările Organizației Internaționale de Standardizare, I.S.O.

Normele interne sînt prescripții tehnice prin care se stabilesc date caracteristice pentru produsele încă nestandardizate sau parțial reglementate prin standarde. Produsele unicate, prototipurile și capetele de serii (seria zero) se fabrică pe bază de *caiete de sarcini*, urmînd ca după trecerea în producția curentă să fie înlocuite prin standarde sau norme interne.

Normativele sînt prescripții tehnice prin care se stabilesc îndrumări și metode detaliate pentru proiectarea construcțiilor și utilizarea materialelor și utilajelor de construcții, cu aplicare curentă, generalizată în construcții. Normativele se referă la prevederile din standarde, pe care le completează prin indicarea aplicării standardelor în cazuri concrete. Ele se elaborează și pentru probleme încă nestandardizate, insuficient concretizate sau pentru probleme care interesează un domeniu mai restrîns al tehnicii și al economiei.

Instrucțiunile tehnice dau îndrumări suplimentare de detaliu asupra prescripțiilor tehnice din H.C.M., standarde sau normative. Prin ele se dau îndrumări cu caracter de directive sau se reglementează anumite probleme tehnice cu obiectiv mai restrîns.

Condițiile tehnice speciale se elaborează numai pentru unele lucrări deosebite, care prin natura sau importanța lor necesită completări ale prescripțiilor tehnice cu aplicare generală, în vederea precizării unor elemente noi, specifice lucrării respective; se întocmesc de proiectantul lucrării care trebuie să justifice necesitatea acestor prevederi speciale; au domeniu restrîns de aplicare; sînt aprobate de forurile care avizează și reglementează problemele din construcții.

Fișele tehnologice stabilesc modul de organizare și desfășurare a diferitelor procese de lucru în execuția construcțiilor, prin aplicarea celor mai bune metode.

Proiectele tip sînt ansambluri de piese scrise și desenate, cuprinzînd datele necesare pentru executarea construcțiilor tip. Separat, se elaborează cataloage tip pentru prefabricate, elemente și detalii de construcții.

Capitolul 2

ELEMENTE DE SIGURANȚA CONSTRUCȚIILOR

2.1. NOȚIUNEA DE SIGURANȚĂ.

FACTORII PRINCIPALI AI SIGURANȚEI

Dintre toate condițiile cerute unei construcții, a căror asigurare se face la niveluri diferite, în raport cu rolul său și condițiile istorico-economice din fiecare țară, *asigurarea siguranței construcțiilor la acțiuni mecanice sau reliabilitatea* este o condiție primordială, indispensabilă, al cărei prag (nivel) inferior este determinat de evitarea cedării (prăbușirii) structurii prin depășirea rezistenței sau prin pierderea stabilității. Reliabilitatea este definită prin probabilitatea comportării sigure la acțiunile exterioare a unui element de rezistență sau a unei structuri, pe întreaga sa durată de exploatare, iar condițiile de asigurare reprezintă un ansamblu complex de condiții, care trebuie îndeplinite, pentru a asigura construcției nivelul de siguranță cerut.

Arta de a construi tinde către o utilizare optimă a spațiului și materiei. Pentru o construcție cu destinație dată, problema constă în a alege, din marea

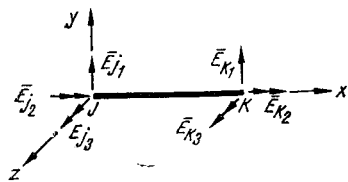


Fig. 2.1. Bară dintr-o structură plană încărcată normal pe plan.

siguranță suficientă și rațională prin costul și consumul minim de energie, manoperă și materiale. Varianta aleasă trebuie să întruchipeze un echilibru optim între funcțiune, siguranță, economie și structura adoptată.

În cadrul domeniului de preocupări al staticii construcțiilor s-a studiat determinarea eforturilor produse în diferitele elemente ale structurii. Pentru determinarea eforturilor într-o structură static nedeterminată se aplică de obicei, în condițiile calculului automat, metoda deplasărilor în formulare matricială, considerînd structura ca un ansamblu de bare, prinse rigid între ele la noduri și încărcată cu forțe exterioare aplicate în noduri, ecuațiile de condiție conducînd la un sistem de ecuații liniare de forma generală:

$$R\Delta = P \text{ și deci } \Delta = R^{-1}P, \quad (2.1)$$

unde R reprezintă matricea de rigiditate a întregii structuri, Δ este matricea-coloană a tuturor necunoscutelor (formată din succesiunea matricelor Δ_j), iar P este matricea-coloană a încărcărilor aplicate la noduri (formată din succesiunea matricelor P_j). Matricea globală R este alcătuită din submatricele corespunzătoare extremităților de bare, avînd dimensiuni 3×3 sau 6×6 , după cum bara aparține unei structuri plane sau spațiale.

Dacă se consideră o bară dintr-o structură plană încărcată normal pe plan și se admite că structura este situată în planul xoz și încărcările acționează paralel cu axa y , în extremitățile barei apar trei eforturi: forță tăietoare orientată după axa y , moment de torsiune și moment încovoietor, indicațiile de notație fiind cuprinse în figura 2.1.

În acest caz se poate scrie matricea de rigiditate a barei, cu dimensiuni 6×6 , în care se identifică cele patru submatrice $\bar{r}_{jj}$, $\bar{r}_{jk}$, $\bar{r}_{kj}$ și $\bar{r}_{kk}$ (fig. 2.2) [47].

Din relația (2.1) și figura 2.2 rezultă că mărimile eforturilor din elementele structurii depind de încărcările aplicate la noduri, de condițiile de rezemare la capete sau pe contur, de geometria structurii (lungimile și caracteristicile geometrice ale secțiunilor transversale ale elementelor structurii) și de caracteristicile fizico-mecanice (de rezistență, de deformare) ale materialelor din care este alcătuită

$$\bar{r}_i = \begin{bmatrix} \bar{r}_{jj} & \bar{r}_{jk} \\ \bar{r}_{kj} & \bar{r}_{kk} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \begin{matrix} (j_1) & (j_2) & (j_3) \\ \frac{12EI_z}{l^3} & 0 & -\frac{6EI_z}{l^2} \\ 0 & \frac{6I_t}{l} & 0 \\ -\frac{6EI_z}{l^2} & 0 & \frac{4EI_z}{l} \end{matrix} & \begin{matrix} (K_1) & (K_2) & (K_3) \\ -\frac{12EI_z}{l^3} & 0 & -\frac{6EI_z}{l^2} \\ 0 & -\frac{6I_t}{l} & 0 \\ \frac{6EI_z}{l^2} & 0 & \frac{2EI_z}{l} \end{matrix} \\ \begin{matrix} (K_1) & (K_2) & (K_3) \\ -\frac{12EI_z}{l^3} & 0 & \frac{6EI_z}{l^2} \\ 0 & -\frac{6I_t}{l} & 0 \\ -\frac{6EI_z}{l^2} & 0 & \frac{2EI_z}{l} \end{matrix} & \begin{matrix} (K_1) & (K_2) & (K_3) \\ \frac{12EI_z}{l^3} & 0 & \frac{6EI_z}{l^2} \\ \frac{6EI_z}{l^2} & 0 & \frac{4EI_z}{l} \end{matrix} \end{bmatrix}$$

Fig. 2.2. Matrice de rigiditate pentru o bară dintr-o structură plană, încărcată normal pe plan.

structura, acești factori fiind evidențiați prin expresii de forma: $12EI_z/l^3$; $6EI_z/l^2$; $4EI_z/l$; GI_t/l etc.

Determinarea eforturilor secționale în plăcile plane, care reprezintă elemente de suprafață cu încărcări perpendiculare pe suprafața lor mediană, se bazează, în teoria elasticității, pe stabilirea ecuației suprafeței mediane deformate $w = F(x, y)$ unde w este săgeata plăcii în punctul de coordonate (x, y) , prin integrarea ecuației cu derivate parțiale a săgeților plăcii:

$$\frac{\partial^4 w}{\partial x^4} + 2 \frac{\partial^4 w}{\partial x^2 \partial y^2} + \frac{\partial^4 w}{\partial y^4} = \frac{p}{D}, \quad (2.2)$$

unde p reprezintă intensitatea încărcării, D modulul de rigiditate cilindrică la încovoiere al plăcii plane, $D = Eh^3/12(1 - \mu^2)$, constantele de integrare urmînd a fi stabilite din condițiile de rezemare ale plăcii pe contur (laturi încastrate, laturi simplu rezemate, eventual unele laturi libere). Rezultă aceiași factori determinanți pentru stabilirea eforturilor: geometria elementului, caracteristicile fizice ale materialului și condițiile de rezemare pe contur.

În cadrul disciplinei de Rezistența materialelor se regăsesc aceiași factori ai siguranței, de exemplu, determinarea tensiunilor (eforturilor unitare) la încovoiere (σ) și a tensiunilor tangențiale (τ) într-o secțiune transversală a unei grinzi drepte, de secțiune constantă, dreptunghiulară, solicitată la încovoiere cu forță tăietoare, se face cu ajutorul formulelor lui Navier și Jouravski:

$$\sigma = \frac{M_z}{I_z} y, \text{ cu } \sigma_{max} \leq \sigma_a, \quad (2.3)$$

$$\tau = \frac{TS_z}{bI_z}, \text{ cu } \tau_{max} \leq \tau_a. \quad (2.4)$$

Rezultă că mărimile eforturilor unitare normale (σ) și tangențiale (τ) depind de caracteristicile geometrice ale secțiunii transversale și de mărimea eforturilor secționale M și T , care sînt în funcție, așa după cum s-a arătat, de intensitatea acțiunilor (încărcărilor), geometria structurii și condițiile de rezemare.

Ecuația diferențială a fibrei medii deformate la grinzi drepte încovoiate, cu secțiune și modul de rigiditate la încovoiere constante ($EI = \text{constant}$):

$$\frac{d^2 v}{dx^2} = -\frac{M}{EI}, \quad (2.5)$$

conduce, prin integrări succesive, la expresiile rotirilor și săgeților grinzii:

$$EI\varphi = -\int M(x)dx + C_1; \quad (2.6)$$

$$EIv = -\int \left[\int M(x) dx + C_1 \right] dx + C_2, \quad (2.7)$$

unde momentul încovoietor $M(x)$ în lungul grinzii reprezintă o funcție de abscisa x , iar constantele de integrare, C_1 și C_2 , se determină din condițiile de rezemare ale grinzii la capete. Rezultă că săgețile și rotațiile grinzii sunt exprimate în funcție de încărcări, de condițiile de rezemare la capete, de geometria secțiunii transversale și de caracteristicile de deformare ale materialului.

Încărcarea critică de flambaj la bara dreaptă dublu articulată, cu secțiune constantă, supusă unei încărcări de compresiune axială centrică se poate evalua cu ajutorul formulei lui Euler pentru cazul în care pierderea de stabilitate intervine mai înainte ca materialul să iasă din domeniul de comportare elastică :

$$P_{cr} = \frac{\pi^2 EI}{l^2}. \quad (2.8)$$

Pentru bare cu alte rezemări la capete, expresia (2.8) poate fi scrisă sub forma :

$$P_{cr} = \frac{\pi^2 EI}{l_f^2}. \quad (2.9)$$

Aceste formule arată că încărcarea critică este proporțională cu modulul de rigiditate la încovoiere EI al secțiunii transversale (E — caracteristica mecanică a materialului; I — caracteristica geometrică a secțiunii transversale) și invers proporțională cu pătratul lungimii barei dublu articulate sau cu pătratul lungimii de flambaj pentru bare cu alte rezemări la capete. Lungimea de flambaj crește pe măsură ce bara are legături mai slabe la capete, iar pierderea de stabilitate intervine pentru o încărcare axială mai redusă.

În cazul structurilor solicate seismic, într-un calcul simplificat, eforturile și deplasările cele mai defavorabile se pot stabili considerând sistemul încărcat cu acțiuni echivalente convenționale aplicate static, având expresia, în cazul oscilatorului simplu liniar :

$$S = (I_m)_{max} = m\omega S_v = m\omega \int_0^t \ddot{u}_0(\tau) e^{-\varepsilon(t-\tau)} \sin\omega(t-\tau) d\tau, \quad (2.10)$$

unde I_m este forța de inerție care corespunde masei m la timpul t , în daN;
 S_v — spectrul vitezelor, în m/s;

ω — pulsația proprie a sistemului oscilant (oscilatorului simplu liniar), în radiani/s.

Se observă că în cazul acțiunilor dinamice intervin caracteristici specifice de inerție, absorbție de energie, în domeniul elastic sau plastic etc.

Astfel, principalii factori care condiționează siguranța unei structuri sînt :

— *caracteristicile structurale*, exprimate prin *caracteristici fizico-mecanice ale materialelor* (rezistențe, moduli de elasticitate etc.), ținându-se seama de influența asupra lor a unor factori ca durată, modul de acțiune al încărcărilor, agresivitatea mediului ambiant etc. și prin *caracteristici geometrice* ale structurii și elementelor sale, cu considerarea influenței condițiilor de exploatare și punere în operă, ca și a altor parametri influențînd starea de comportare considerată etc.;

— *acțiunile mecanice*, reprezentate de încărcări și orice alte cauze, care produc solicitări în structuri.

Măreimea eforturilor, care se dezvoltă în elementele structurii, depinde în același timp de *condițiile de rezemare* la capete sau pe contur ale structurii și ale elementelor sale componente (schema idealizată de calcul).

Caracteristicile structurale care intervin în calculul structurilor sînt numeroase (de rezistență, rigiditate, inerție, absorbție de energie etc.), date fiind totalitatea comportărilor structurilor și mulțimea proceselor de încărcare posibile. În cazul încărcărilor cu intensități ce cresc progresiv în timp (după diferite legi de variație, în funcție de unul sau mai mulți parametri) de la solicitarea foarte redusă pînă la cea

de rupere se înregistrează stadii intermediare (trepte, praguri) în comportarea structurii din punctul de vedere al rezistenței și deformațiilor. Aceste stadii intermediare de comportare ale structurilor pot constitui *stări limită* caracteristice din punct de vedere mecanic (aparitia și deschiderea fisurilor, apariția unor articulații plastice, ruperea unor elemente etc.), corespunzătoare diferitelor *încărcări limită* (de fisurare, de deschidere a fisurilor, de rupere, de pierdere a stabilității etc., fig. 2.3). Caracteristicile structurale se definesc întotdeauna considerînd procedeul de încărcare aplicat și răspunsul structurii (starea limită corespunzătoare a răspunsului structurii).

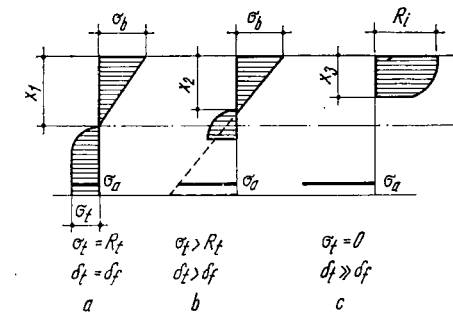


Fig. 2.3. Stări limită caracteristice pentru o grindă încovoiată din beton armat :
a — starea limită de apariția fisurilor; b — starea limită de deschiderea fisurilor; c — starea limită ultimă de rezistență în stadiul de rupere.

2.2. DISTRIBUȚII EMPIRICE ȘI TEORETICE PENTRU FACTORII PRINCIPALI AI SIGURANȚEI

Principalii factori ai siguranței construcțiilor (caracteristicile materialelor, parametrii încărcărilor, dimensiunile structurii și elementelor sale, poziția armăturii în elementele de beton armat etc.) depind de un număr de cauze și condiții, care se pot produce în timpul execuției și pe durata de exploatare a construcției. De aceea, acești factori variază întâmplător căpătînd valori mai mult sau mai puțin diferite între ele, reprezentînd *variabile aleatoare*. Definirea cea mai bună a valorilor caracteristice a acestor factori se efectuează astăzi pe baza *teoriei probabilitice*, folosind *calculul statistic* al observațiilor de masă.

Calculul statistic este folosit și a devenit aproape indispensabil în multe domenii ale tehnicii construcțiilor : prelucrarea datelor experimentale de orice natură ar fi ele; determinarea normelor de timp și de producție, a normelor de consum de materiale și de deviz, a indicilor tehnico-economici etc.; controlul fiabilității și calității produselor etc.

Prevederea evenimentelor viitoare, pe baza observațiilor asupra evenimentelor prezente și trecute (de exemplu : variația încărcărilor climatice și utile, a caracteristicilor fizice ale materialelor, a nivelurilor riurilor etc.) și pe baza statisticii matematice, a permis introducerea de metode înaintate de calcul al construcțiilor, bazate pe evaluarea siguranței unei construcții sau instalații din punct de vedere probabilistic. Aceasta este posibil numai dacă fenomenele studiate sînt omogene și stabile în timp, constituind așa-numita *serie stabilă în timp*,

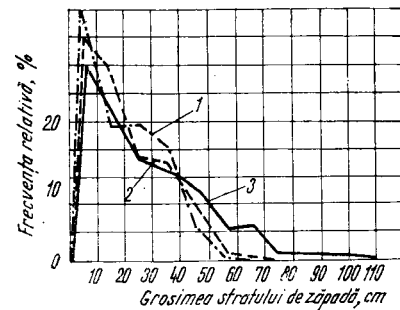


Fig. 2.4. Distribuțiile empirice ale grosimii stratului de zăpadă în regiunea Moscova:

1 - măsurători pe o perioadă de 6 ani (1912...1918);
2 - măsurători pe o perioadă de 13 ani (1898...1911);
3 - măsurători pe o perioadă de 37 ani (1898...1935).

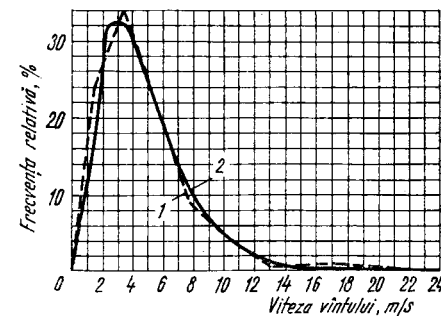


Fig. 2.5. Distribuția vitezei vântului în metri pe secundă:

1 - distribuția empirică; 2 - distribuția teoretică.

de exemplu: acțiunile utile în raport cu valoarea lor cea mai întâlnită în condițiile de exploatare; acțiunile climatice pentru anumite condiții locale și un amplasament geografic dat, care au un caracter ciclic sau periodic, valorile observate repetându-se după perioade de timp mai mari sau mai mici. În cazul seriilor statistice stabile în timp se observă și unele tendințe de variații îndelungate, denumite *seculare*, a factorilor principali, cum ar fi: variația climei; perfecționarea metodelor de calcul și a tehnologiei etc. În calculul statistic se vorbește nu de o valoare determinată, ci de valori cu diferite probabilități de producere, pentru care se folosesc aceleași caracteristici din calculul probabilităților (medie, dispersie, moment, abatere standard, coeficient de variație etc.); uneori interesează valoarea cea mai frecventă.

Distribuțiile empirice întâlnite în construcții sînt de două tipuri:

— *asimetrice*, care sînt cele mai numeroase, cum sînt curbele încărcărilor climatice din zăpadă (fig. 2.4) sau din vînt (fig. 2.5), ale coeficientului dinamic pentru poduri de cale ferată și altele. Aceste fenomene cu valori mai mari decît zero capătă valori deosebite cu frecvențe diferite în condiții exterioare diverse; astfel, producerea unui uragan are o posibilitate mai mică de apariție, căci necesită condiții meteorologice mai complexe decît ale unui vînt slab obișnuit;

— *simetrice*, reprezentate prin curbe simetrice corespunzătoare pentru caracteristicile materialelor (fig. 2.6), pentru coeficienții erorilor calculului convenționale, pentru abaterile eforturilor efective față de cele de calcul etc.

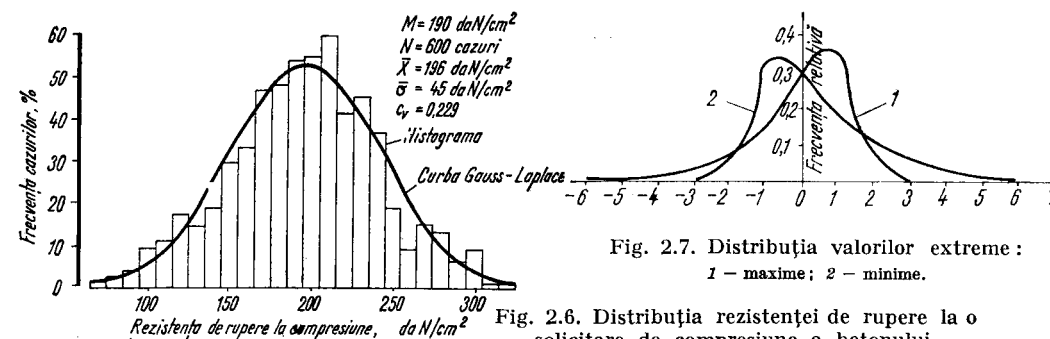


Fig. 2.7. Distribuția valorilor extreme:
1 - maxime; 2 - minime.

Fig. 2.6. Distribuția rezistenței de rupere la o solicitare de compresiune a betonului.

Pentru rezistențele materialelor se pot folosi tipuri diferite de distribuții teoretice: pentru materialele caracterizate prin rupere ductilă se poate folosi distribuția normală — Gauss, iar pentru materialele cu rupere fragilă se aplică distribuțiile extremelor minime. Încărcările permanente sînt bine exprimate prin distribuții normale, iar încărcările utile, cele climatice și cutremurele respectă distribuții ale valorilor extreme (extremelor) maxime (fig. 2.7). Distribuțiile logaritmice normale se pot folosi pentru exprimarea atât a încărcărilor, cit și a rezistențelor, cînd legile de distribuție ale variabilelor sînt mai puțin cunoscute. Dacă variabilele R — rezistențe și S — încărcări respectă distribuția logaritmă normală, atunci variabilele $\ln R$ și $\ln S$ respectă distribuția normală, R devenind $\ln R$ și S — $\ln S$.

2.3. CONCEPȚII PRIVIND SIGURANȚA CONSTRUCȚIILOR. METODE DE CALCUL

Istoria modului de considerare a variabilității factorilor principali ai siguranței conturează însăși evoluția conceptului și coeficientului de siguranță, ca și metodele de calcul.

2.3.1. METODE DETERMINISTE

Acestea sînt metoda rezistențelor admisibile și metoda la rupere a capacității portante care nu au o justificare științifică; valorile coeficientului de siguranță unic și global sînt stabilite în mod empiric, prin apreciere, pe bază de tradiții și experiență, pentru a acoperi, în mod simplist, variabilitatea factorilor principali ai siguranței: încărcări, rezistențe, geometria elementelor structurii etc., ca și toate abaterile de la ipotezele medii sau ideale considerate (erori de execuție, neconcordanța ipotezelor de calcul cu comportarea reală etc.). În ultimul timp, s-au făcut cercetări statistice pentru stabilirea coeficientului de siguranță folosit în metoda la rupere. Factorii principali ai siguranței intervin în calcule cu valori determinate, considerate ca *mărimi certe*, nu ca mărimi aleatoare, întîmplătoare.

Coeficientul de siguranță variază cu natura materialului și a efortului, cu grupările de încărcări, condițiile de lucru etc.: $c = 1,7 \dots 2,0$ pentru oțel; $c = 1,8 \dots 2,6$ pentru beton armat; $c = 4,0 \dots 5,0$ pentru zidărie.

În metoda rezistențelor admisibile trebuie satisfăcute relațiile:

$$\sigma_e \leq \sigma_a, \quad \tau_e \leq \tau_a, \quad (2.11)$$

$$\sigma_a = \frac{\tau_{lim}}{c}, \quad \tau_a = \frac{\tau_{lim}}{c} \text{ și, în general, } R_a = \frac{R_{lim}}{c} \quad (2.12)$$

unde σ_{lim} , τ_{lim} și R_{lim} sînt eforturile unitare limită, normale sau tangențiale, în general rezistența limită, care poate fi limita de curgere (σ_c) sau de rupere (σ_r), după cum materialele sînt ductile (tenace) sau fragile (casante);

σ_a , τ_a , R_a este efortul unitar admisibil, normal sau tangențial, în general tensiunea limită admisibilă în condițiile unei siguranțe stabilite; crește cu creșterea numărului de încărcări din gruparea de încărcări deoarece posibilitatea simultaneiității celor mai defavorabile cazuri de încărcări scade;

c — coeficient unic (global) de siguranță, raportat la tensiunile sau rezistențele materialelor și cuprins implicit în rezistența admisibilă.

În metoda la rupere, aprecierea siguranței unui element se face prin compararea solicitării sau efortului (N^n , M^n , T^n , S^n în general) admisibil, corespunzător încărcării de exploatare cu efortul de rupere (N_r , M_r , S_r) determinat de capacitatea portantă sau admisibilă:

$$cN^n \leq N_r; \quad cM^n \leq M_r$$

și, în general

$$cS^n \leq S_r = \psi(R^n, F), \quad (2.13)$$

unde S_r , N_r , M_r este efortul de rupere sau capacitatea portantă;

S^n , N^n , M^n — efortul normat (moment, forță axială etc.) de exploatare;

c — coeficient unic (global) de siguranță, raportat la încărcări sau eforturi și exprimat explicit; scade o dată cu sporirea încărcărilor din gruparea de încărcări;

R^n , F — rezistența medie la rupere, în general determinată statistic și caracteristica geometrică a secțiunii (A , W etc.);

ψ — funcția corespunzătoare efortului respectiv.

Metoda la rupere, deși superioară metodei rezistențelor admisibile deoarece se bazează pe experimentări și oglindește mai bine condițiile reale de rupere, nu mai corespunde, analizând comportarea mecanică a structurii în mod unilateral, numai în stadiul de rupere, neținând seama de dimensionarea elementelor structurale în alte stadii de lucru, care apar în condiții de exploatare: fisurarea, deformațiile și rigiditatea, oboseala etc. și care se produc în stadiul elastic, la încărcări mai mici decât cele de rupere. Așa după cum s-a arătat, factorii principali ai dimensionării (rezistențe, încărcări etc.) sînt variabile aleatoare, întimplătoare. În metoda de calcul la rupere se face ipoteza simplificatoare că există probabilitatea de variație asemănătoare, în același sens, a acestor variabile aleatoare, independent de limitele și direcțiile de variație a fiecărei variabile aleatoare în parte. În realitate, în câteva cazuri, sporirea unor încărcări este mai periculoasă decât a altora. Astfel, de exemplu, pentru zidurile de sprijin sporirea împingerii pământului micșorează stabilitatea, în timp ce creșterea greutateii proprii a zidului de sprijin mărește siguranța la stabilitate (fig. 2.8). Cele mai defavorabile condiții pentru stabilitatea zidului de sprijin se realizează însă

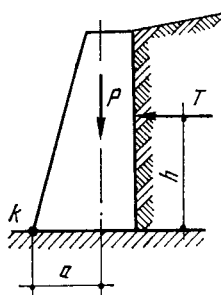


Fig. 2.8. Determinarea coeficientului de stabilitate a unui zid de sprijin:

T — împingerea orizontală a pământului; P — greutatea proprie a zidului.

cînd se produce o sporire a împingerii orizontale a pământului (de exemplu, în cazul unui pământ cu coeficient de frecare mai mic) și o micșorare a greutateii proprii a zidului de sprijin prin folosirea unor betoane ușoare sau pietre mai ușoare de zidărie. Această posibilitate nu poate fi prevăzută în calculul prin metoda la rupere, care presupune același sens de variație a încărcărilor. De asemenea, mărimea abaterilor principalilor factori ai dimensionării de la valorile medii determinate statistic sînt diferite, astfel: încărcările permanente pot avea abateri curente de $\pm 10\%$, în timp ce supraîncărcările construcțiilor provocate de abaterile încărcărilor climatice (zăpadă, presiunea vîntului etc.) pot ajunge pînă la (30 ... 40%) și mai mult; abaterile rezistențelor diferă de asemenea, de la un material la altul (casant-fragil; elastic-ductil).

2.3.2. METODA SEMIPROBABILISTICĂ A STĂRILOR LIMITĂ

Metoda de calcul la stări limită este o metodă semiprobabilistică, superioară metodelor deterministe: în această metodă condițiile de siguranță se bazează concomitent pe concepții probabiliste și deterministe și sînt exprimate sub formă deterministă, neexistînd încă suficiente studii probabiliste și date statistice. O structură sau un element structural al său încetează de a îndeplini funcțiunea pentru care a fost proiectat cînd o anumită stare, denumită *stare limită*, a fost atinsă. Astfel, prin starea limită a unei structuri sau a unuia din elementele sale se înțelege starea în care o cerință de satisfacere a obiectivului (obiectului) său este strict satisfăcută la limită, iar structura încetează de a mai îndeplini funcțiunea sa sau de a mai satisface cerințele pentru care a fost concepută în cazul sporirii solicitărilor sau a micșorării performanțelor sale.

Starea limită este deci starea a cărei atingere implică pierderea capacității unei construcții de a satisface condițiile de exploatare legate de destinația stabilită sau apariția unor pericole pentru viața sau sănătatea oamenilor, respectiv pentru bunuri materiale sau culturale a căror conservare depinde de construcția respectivă.

2.3.2.1. **Tipuri de stări limită.** Se definesc două grupe de stări limită: stările limită ultime ale capacității portante și stările limită ale exploatarei normale.

1) *Stările limită ultime* corespund epuizării capacității portante sau unei alte pierderi ireversibile a calităților necesare exploatarei: ruperea secțiunilor critice, pierderea stabilității etc. Acestea caracterizează proprietatea unui element structural sau a unei structuri de a rezista încărcărilor, fără modificarea fundamentală a geometriei, fiind determinate cantitativ prin încărcările sau solicitările maxime limită la care structura sau elementul structural nu cedează, fără a ieși din lucru prin ruperea sau pierderea stabilității formei sau poziției, în urma solicitărilor statice sau dinamice (oboseală, șoc etc.).

2) *Stările limită ale exploatarei normale* corespund întreruperii capacității de asigurare a unei exploatare normale a construcțiilor; condițiile normale de exploatare sau de durabilitate nu mai sînt satisfăcute. Principalele stări limită ale exploatarei normale sînt: *fisurarea*, starea limită în care secțiunea încetează de a mai fi comprimată în întregime, cînd are loc apariția fisurilor sau deschiderea lor excesivă, inacceptabilă și limitată, în general, în prescripții și *starea limită de deformare* (statică, dinamică), care limitează creșterea deformațiilor pînă la o valoare maximă limită și care dacă este depășită împiedică exploatarea normală. În situațiile de nesatisfacere a unor condiții de exploatare

normală are loc o simplă întrerupere a exploatării care nu constituie o catastrofă și are loc repararea sau înlăturarea defectelor inadmisibile. Este clar deci, că rezervele de siguranță, care trebuie păstrate pentru preîntâmpinarea acestor stări, pot fi mai mici decât cele de la starea limită ultimă a capacității portante.

Obiectul calculelor privind siguranța constă în asigurarea probabilității stării limită sub o anumită valoare stabilită în prealabil pentru tipul de construcție sau element dat. Probabilitatea adoptată depinde de starea limită considerată și de gradul de pericol pe care-l prezintă. O analiză probabilistică completă necesită cunoașterea naturii statistice a încărcărilor și a altor acțiuni, a variabilității proprietăților mecanice (de rezistență, deformare: E , G , μ etc.) a materialelor și a altor factori, care influențează probabilitatea de atingere a stării limită considerată (dată). O asemenea analiză este practic posibilă astăzi numai în câteva cazuri simple, deoarece nu se dispune de toate datele statistice necesare.

De aceea, datele statistice existente sînt utilizate folosind procedeul simplificat al coeficienților diferențiați. În acest caz se definesc:

— *valoarea normată* a unui parametru, considerată ca o valoare de referință, stabilită ca o caracteristică globală a distribuției valorilor acestui parametru, considerat ca o variabilă aleatoare. Valorile normate pot să se refere la acțiuni, materiale sau elemente de construcție;

— *valorile de calcul* ale unui parametru, care sînt valori obținute de regulă prin înmulțirea valorilor normate cu un coeficient prin care se introduce influența variabilității statistice a parametrului considerat și care sînt depășite în sens defavorabil cu o probabilitate redusă. Valorile de calcul se pot referi la acțiuni, materiale sau elemente de construcție;

— *valoarea limită* este o valoare de calcul, definită pentru un parametru al unei acțiuni, utilizată în verificarea la o anumită stare limită ultimă;

— *valoarea de exploatare* este o valoare de calcul, definită pentru un parametru al unei acțiuni, utilizată în verificarea la o anumită stare limită a exploatării normale.

Astfel, metoda stărilor limită se bazează pe două principii, care conduc la sporirea siguranței, la utilizarea mai completă a rezervelor de siguranță și la realizarea de economii:

— *considerarea stărilor limită prin studiul comportării elementelor structurii în stadiul elastic* (aparitia și deschiderea fisurilor, deformațiilor și rigiditatea, oboseala, stabilitatea elastică etc.) și *în stadiul plastic de rupere*, pe baza proprietăților reale, elastice și plastice ale materialelor;

— *înlocuirea coeficientului unic de siguranță cu coeficienți diferențiați parțiali de siguranță*, stabiliți științific, care țin seama de variabilitatea principalilor factori ai siguranței la fiecare stare limită. Cu ajutorul acestor coeficienți diferențiați se stabilesc rezistențele minime ale materialelor, încărcările și solicitările maxime și se corectează formulele de calcul, punîndu-se de acord cu fenomenele reale.

Siguranța structurilor se poate aprecia comparînd solicitarea maximă provocată de acțiunile mecanice cu capacitatea minimă de comportare mecanică a structurilor sau elementelor structurale. De aceea interesează valorile minime ale rezistențelor și valorile maxime ale încărcărilor, definite statistic, cu o anumită probabilitate.

Starea limită a capacității portante se verifică astfel prin compararea, în stadiul de rupere, a solicitării maxime posibile cu capacitatea minimă probabilă:

$$S \leq R \quad (2.14)$$

adică, compararea în esență capătă forma unei inegalități sau a unui raport dintre încărcările minime pe care structura poate să le suporte (preia) și încărcările maxime efectiv posibil de acționat pe toată durata exploatării.

În concepția probabilistică prin siguranța unui element de construcție sau a unei construcții în raport cu o stare limită se înțelege proprietatea caracterizată prin probabilitatea suficient de mare, de a satisface o condiție de neatingere a stării limită considerată, pe toată durata de serviciu prevăzută. Tot astfel asigurarea unei structuri înseamnă adoptarea unei soluții, care implică limitarea, la valori dorite a probabilității de atingere și depășire a diferitelor stări limită. În STAS 10 100/0-75 „*Principii generale de verificare a siguranței construcțiilor*”, se disting mai multe clase de importanță, după nivelul de asigurare necesar.

Siguranța unei structuri este un concept relativ, nu absolut, deoarece nu există niciodată o siguranță absolută a unei structuri. Prin concepția structurii se urmărește obținerea unei probabilități de avariere acceptabil de redusă, mai mult sau mai puțin gravă, ale cărei valori raționale reprezintă probleme de asigurare, intens cercetate în ultimii ani.

Depășirile stărilor limită au urmări inegal de grave, dintre care cele mai importante sînt un mare risc al pierderilor de vieți omenești sau un risc mai mic de pierdere a unor bunuri materiale; rareori se poate afirma că un asemenea risc este nul.

În prescripții se precizează criterii pentru toate stările limită (de cedare — colaps; de exploatare, fisurare sau rigiditate). Astfel, la starea limită de fisurare se precizează:

— pentru betonul armat, lățimea maximă a deschiderii fisurilor nu va depăși 0,3 mm, iar cînd condițiile de exploatare (expunere) sînt foarte severe, de exemplu, în apa de mare, lățimea maximă a deschiderii fisurilor în apropierea imediată a armăturii nu va depăși de 0,004 ori stratul normal de acoperire;

— pentru betonul precomprimat se disting structuri de: clasa I, în care nu se permit fisuri deoarece nu sînt admise tensiuni de întindere; de clasa a II-a în care nu se permit fisuri vizibile, iar tensiunile de întindere din încovoiere sînt limitate de tensiunile de întindere a betonului și de clasa a III-a, la care deschiderea maximă a fisurilor nu va depăși 0,2 mm, iar pentru condiții de exploatare (expunere) foarte severe, lățimea maximă a deschiderii fisurilor nu va depăși 0,1 mm.

Pentru starea limită de rigiditate a betonului armat și precomprimat la planșee se arată că săgeata finală (admisă) nu va depăși deschiderea împărțită la 250, iar cînd pereții despărțitori sau finisajele pot fi afectate, săgeata finală după terminarea acestor lucrări nu va depăși raportul deschidere/350 sau 20 mm. Cînd pe elementele din beton precomprimat se vor aplica finisaje săgeata totală nu va depăși raportul deschidere/300.

Anexa III din STAS 10 100/0-75 „*Principii generale de verificare a siguranței construcțiilor*” cuprinde indicații de limitare a deplasărilor și deformațiilor.

2.3.2.1. **Coeficienți diferențiați utilizați în metoda stărilor limită. Variabilitatea factorilor principali ai siguranței.** Prin coeficienții diferențiați se caută a se ține seama de variabilitatea principalilor factori ai siguranței. În metoda semiprobabilistică a stărilor limită, care stă la baza recomandărilor CAER, a celor din țara noastră și care a constituit punctul de plecare pentru alte recomandări internaționale (CEB, FIP, ACI), fiind adoptată și de ISO-TC 98, se folosesc în prezent trei coeficienți diferențiați,

corespunzători celor trei factori principali ai siguranței: rezistențele, acțiunile mecanice și elementul structural (condiții de lucru ale elementului sau de comportare a materialului).

Prescripțiile tehnice definesc următorii coeficienți diferențiați în metoda stărilor limită:

— *coeficientul încărcării* n , care face legătura între o valoare normată și o valoare de calcul a unui parametru care intervine în schemele de încărcare, în vederea considerării abaterilor întâmplătoare practic posibile, în sens defavorabil față de valorile normate;

— *coeficientul de siguranță pentru materiale* k , care se aplică valorilor normate ale rezistențelor, în vederea obținerii valorilor de calcul de bază. Prin acest coeficient se introduc efectele variabilității statistice a calității materialelor și în anumite limite, a caracteristicilor geometrice ale elementelor de construcție;

— *coeficientul condițiilor de lucru*, care se aplică valorilor de calcul de bază ale rezistențelor, respectiv capacităților portante, prin care se corectează simplificările introduse de normele admise în calcul și se consideră abaterile sistematice datorate diversilor factori. Coeficientul condițiilor de lucru poate să se refere la un material m_m sau la un element de construcție m_e .

Rezistențele de calcul R sînt valori convenționale, care reprezintă rezistențele probabile minime ale materialului pentru diferite solicitări în condițiile cele mai defavorabile de lucru. Ele se obțin din rezistențele normate R^n prin înmulțirea cu un coeficient de siguranță pentru materiale k și în unele cazuri cu un coeficient al condițiilor de lucru al materialului m_m :

$$R = km_m R^n, \quad (2.15)$$

unde k și m_m sînt, de obicei, mai mici decît unu.

Rezistențele normate sau caracteristice R^n sînt valorile de referință precizate prin normative (de obicei medii statistice) și coincid cu caracteristicile de recepție a materialelor (σ_c pentru oțeluri moi, σ_r pentru oțeluri dure, SBP, zidărie, beton).

Coeficientul de siguranță k este un coeficient de reducere și se stabilește ca raportul dintre rezistența minimă ($R_{min} = \bar{R} - \gamma\bar{\sigma}$) și cea medie $\bar{R}$:

$$k = \frac{R_{min}}{\bar{R}} = \frac{\bar{R} - \gamma\bar{\sigma}}{\bar{R}} = 1 - \gamma \frac{\bar{\sigma}}{\bar{R}} = 1 - \gamma\delta, \quad (2.16)$$

unde γ reprezintă probabilitatea considerată (de exemplu, probabilitatea 998,5‰ care poate fi considerată ca o certitudine, adică se admite că nu se vor mai ivi cazuri în care $R_{min} < \bar{R} - 3\bar{\sigma}$), iar δ este coeficientul de variație ($\delta = \bar{\sigma}/\bar{R}$), cu $\gamma = 30/100$ și $p = 1,50/100$. Valorile lui $\bar{R}$, $\bar{\sigma}$ și k se stabilesc pe baza prelucrării statistice a datelor experimentale.

Solicitările sau încărcările maxime posibile de calcul (Q , S) se obțin prin multiplicarea încărcărilor normate Q^n sau a eforturilor corespunzătoare S^n , cu un coeficient de încărcare n , în funcție de probabilitatea grupării simultane a încărcărilor, pe baza grupărilor de încărcări (v. cap. 3) și a coeficientului de simultaneitate, folosind relațiile:

$$Q = nQ^n; \quad S = nS^n; \quad (2.17)$$

$$S = \sum_{i=1}^n n_i S_i^n. \quad (2.18)$$

Coeficientul de încărcare n este de obicei un coeficient de majorare (pondere), supraunitar ($n > 1$) și poate fi rareori subunitar ($n = 0,8 \dots 0,9$), pentru încărcările permanente, în cazurile cînd reducerea greutateii proprii creează cele mai dezavantajoase condiții de comportare mecanică: răsturnarea sau alunecarea zidurilor de sprijin (v. fig. 2.8); forfecarea pereților de zidărie de-a lungul rosturilor etc.

Din figura 2.8. rezultă că aprecierea stabilității la răsturnare a zidului de sprijin prin metoda de calcul la stări limită, poate fi făcută în condițiile reale cele mai dezavantajoase folosind coeficienții de încărcare n :

$$c_s = \frac{M_s}{M_r} = \frac{0,8 P^n a}{1,2 T^n h} = 0,67 \frac{P^n a}{T^n h} \quad (2.19)$$

Acest aspect nu poate fi evidențiat prin calculul cu metoda la rupere unde:

$$c_s = \frac{M_s}{M_r} = \frac{P^n a}{T^n h} \quad (2.20)$$

în care:

c_s este coeficientul de stabilitate;

M_s — momentul de stabilitate;

M_r — momentul de răsturnare.

Pentru orice element portant, omogen, dintr-un singur material sau complex, din mai multe straturi de material (de exemplu, zidăria mixtă, pereții sandviș etc.) trebuie satisfăcute întotdeauna relațiile:

$$\sum_{i=1}^n n_i S_i^n \leq m_e m_m k R^n F, \quad (2.21)$$

sau:

$$\sum_{i=1}^n n_i S_i^n \leq m_e \sum_{i=1}^m m_{m_i} k_i R_i^n F_i, \quad (2.22)$$

unde F este caracteristica geometrică, a secțiunii, corespunzătoare naturii efortului (suprafață, modul de rezistență etc.) și domeniului de comportare, elastic sau plastic al materialului;

m_e și m_m — coeficienții condițiilor de lucru ale elementului și materialului care consideră situațiile diverse întîlnite în comportarea elementelor de construcție, în funcție de condițiile de exploatare, de metodele de execuție și de alcătuirea lor, funcție de ipotezele considerate.

Prescripțiile tehnice cuprind uneori direct rezistențele de calcul ($R = kR^n$), afectate și de eventuala reducere corespunzătoare condițiilor reale de lucru ale materialului m_m , adică:

$$\sum_{i=1}^n n_i S_i^n < m_e \sum_{i=1}^m R_i F_i \quad (2.23)$$

Capacitatea portantă minimă de calcul se notează și cu S , astfel că expresia (2.23) se poate scrie și sub forma:

$$S \leq [S]; \quad N \leq [N]; \quad M \leq [M] \text{ etc.} \quad (2.24)$$

Cînd există suficiente date statistice, analiza probabilistică a siguranței structurilor se poate face cu ajutorul unui număr mai mare de coeficienți diferențiați parțial de siguranță, ca în cadrul Standardului ISO — 2 394 sau al recomandărilor americane, pentru proiectarea betonului armat prin metoda rezistenței ultime (ACI — 318—71), cu o concepție semiprobabilistică pentru evaluarea siguranței, care cuprind coeficienți diferențiați de majorare a încărcărilor, de reducere a rezistențelor, în raport cu nivelul siguranței, în funcție de urmările unui accident.

2.3.3. METODE PROBABILISTE

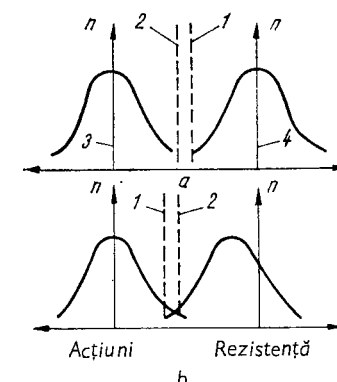
Condițiile de siguranță se exprimă în cadrul metodelor probabiliste de calcul pe baza probabilității stabilită inițial pentru menținerea aptitudinii structurii în vederea satisfacerii funcțiunii sale pe întreaga durată de exploatare. În acest caz, factorii principali de siguranță nu mai sînt caracterizați de funcții deterministe, ci de funcții nedeterministe, aleatoare. O structură supusă unei acțiuni mecanice aleatoare va căpăta un răspuns mecanic descris tot de o funcție aleatoare. În această situație, se poate calcula valoarea răspunsului care, în anumite condiții, nu depășește o anumită valoare prestabilită, iar analiza răspunsului mecanic se face pe baza teoriei statistice matematice. Astfel, valoarea variabilei aleatoare corespunzătoare fenomenului analizat, care nu poate fi predeterminată în mod precis, va putea fi descrisă numai statistic.

În general, siguranța structurilor este analizată în prezent în mod semiprobabilist prin considerarea parțială a variabilității aleatoare a unor factori. Tratarea simultană și împreună a acțiunilor, rezistențelor și răspunsului structurii ca variabile aleatoare nu este în prezent posibilă decît pentru unele cazuri simple. O analiză completă a problemei asigurării structurii în concepția probabilistă cu ajutorul conceptului de realibilitate trebuie să considere în același timp aspectele sintetizate în noțiunea complexă de fiabilitatea construcțiilor (realibilitate, confort și durabilitate) ca și aspectele economice și informaționale cu privire la realizarea ipotezelor de proiectare și apreciere a gradului de încredere a datelor primare de calcul, folosind instrumente matematice complexe.

2.4. EXPRIMAREA PROBABILISTICĂ A SIGURANȚEI CONSTRUCȚIILOR ȘI A COEFICIENTILOR DE SIGURANȚĂ

S-a arătat că probabilitatea de avariere a structurii rezultă din compararea distribuțiilor pentru acțiuni și pentru caracteristicile structurale sau dintre acțiunile la care poate rezista structura și cele efectiv realizate în decursul exploatarei. Schema principiului de verificare a capacității portante este ilustrată în figura 2.9, în ipoteza distribuției normale G a u s s. În ipoteza din figura 2.9, a, capacitatea portantă minimă este mai mare decît solicitarea maximă,

Fig. 2.9. Schema principiului de verificare a capacității portante:
a — solicitarea maximă < capacitatea portantă minimă; b — solicitarea maximă > capacitatea portantă minimă; 1 — capacitatea portantă minimă; 2 — solicitarea maximă; 3 — solicitarea normală; 4 — capacitatea portantă normală; n — densitatea de probabilitate.



în timp ce în ipoteza din figura 2.9, b, capacitatea portantă minimă este mai mică decît solicitarea maximă avînd loc ruperea, cedarea sau prăbușirea structurii sau elementului. Zonele de suprapunere a celor două funcții de frecvență (densități de probabilitate) pentru încărcări $f_S(x)$ și rezistențe $f_R(x)$ indică probabilitatea de avariere (accident, rupere, fig. 2.10) [49]. Notînd coordonatele punctului de intersecție a celor două distribuții cu S și R , se pot defini, ținîndu-se seama de studiile lui P r o t, L é v i, F r e u d e n t h a l, P u g s l e y și alții, următoarele probabilități:

- probabilitatea de pierdere a capacității portante, de avariere, accident sau de rupere (prăbușire, colaps) P , cuprinsă în probabilitățile $P(S > R)$ și $P(R < S)$;
- probabilitatea de comportare sigură a structurii față de variațiile aleatoare ale încărcării și rezistenței, cuprinsă în domeniul probabilităților $P(R > S)$ și $P(S \leq R)$ sau realibilitatea L , care este o măsură a siguranței.

Deoarece masa de probabilitate distribuită pe întreaga arie limitată de curba de distribuție și axa absciselor este egală cu unitatea adică:

$$\int_{-\infty}^{+\infty} f(x) dx = 1, \quad (2.25)$$

rezultă că probabilitatea de pierdere a capacității portante este egală cu unitatea, minus realibilitatea:

$$P_r = 1 - L, \quad (2.26)$$

adică, față de densitatea probabilității acțiunilor, rezultă:

$$P(S > R) = 1 - P(S \leq R), \quad (2.27)$$

și față de densitatea probabilității rezistențelor, rezultă:

$$P(R \leq S) = 1 - P(R > S). \quad (2.28)$$

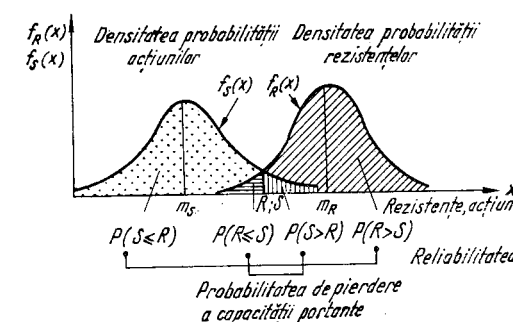


Fig. 2.10. Model probabilistic pentru R și S.

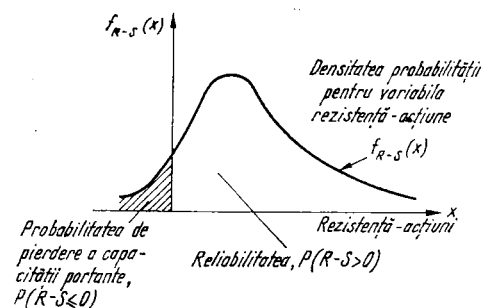


Fig. 2.11. Model probabilistic condensat $R-S$.

O exprimare mai sugestivă se poate obține cu ajutorul modelului probabilistic condensat: $R-S$ (rezistență minus efectul acțiunii, fig. 2.11) [49], în care:

— probabilitatea de avariere reprezintă aria de sub funcția $f(R-S)$ de la $-\infty$ la zero, fiind definită prin:

$$P_r = P(R-S \leq 0); \quad (2.29)$$

— reliabilitatea reprezintă aria de sub funcția $f(R-S)$ de la zero la $+\infty$ și este definită prin relația:

$$[L = [1 - P_r = [P(R-S > 0). \quad (2.30)$$

Utilizînd ca variabilă aleatoare raportul rezistenței către efectul acțiunii, adică R/S , se obțin expresii mai semnificative, din punct de vedere ingineresc, pentru:

— probabilitatea de pierdere a capacității portante:

$$P_r = P(R/S \leq 1); \quad (2.31)$$

— reliabilitatea:

$$[L = 1 - [P_r = P(R/S > 1). \quad (2.32)$$

La construcțiile de importanță mai mică unele criterii de reliabilitate pentru diferite comportări mecanice (fisurare, rigiditate, deformații etc.) pot să fie mult mai puțin severe decît în mod obișnuit sau chiar să nu fie luate în considerare, dacă pot fi considerate drept condiții complimentare, ca în cazul unor construcții neimportante, provizorii, de valoare redusă, a căror avariere nu prezintă pericole pentru viața și sănătatea oamenilor sau în cazul unor construcții secundare pentru adăpostirea temporară a animalelor. Această clasificare a construcțiilor după importanța lor este întilnită, de exemplu și în cazul structurilor supuse la solicitări seismice.

În evaluarea probabilității de pierdere a capacității portante se pot considera intensitățile acțiunilor și rezistențelor ca variabile aleatoare independente pentru o structură sau un element portant. În acest caz, probabilitatea ca un element de rezistență R să fie acționat de o valoare mai mare ca S , corespunde zonei de suprapunere $P(R \leq S)$ și $P(S > R)$ din figura 2.10 și se poate exprima pe baza teoremei multiplicării probabilităților. Rezultă:

$$[1 - F_S(x)] f_R(x) dx, \quad (2.33)$$

în care $F_S(x)$ și $F_R(x)$ sînt funcții de distribuție:

$$F_S(x) = \int_{-\infty}^x f_S(x) dx \text{ și } F_R(x) = \int_{-\infty}^x f_R(x) dx. \quad (2.34)$$

Într-adevăr, probabilitatea ca încărcarea să aibă o valoare mai mare decît valoarea dată S , se scrie:

$$P(x > S) = \int_{x=S}^{+\infty} f_S(x) dx = 1 - \int_{-\infty}^{x=S} f_S(x) dx = 1 - F_S(x), \quad (2.35)$$

iar probabilitatea ca rezistența să aibă o valoare dată $x = R$, este:

$$f_R(x) dx. \quad (2.36)$$

Rezultă că probabilitatea de avariere (pierdere a capacității portante) a clădirii sau elementului, cînd S este efectul acțiunii care provoacă depășirea rezistenței R , este:

$$P_r = P(S > R) = \int_0^{+\infty} [1 - F_S(x)] f_R(x) dx, \quad (2.37)$$

integrala fiind extinsă, evident, numai pentru valori pozitive ale rezistențelor. În mod asemănător se poate evalua probabilitatea de avariere sub forma $P(R \leq S)$:

$$P_r = P(R \leq S) = \int_0^{+\infty} F_S(x) f_R(x) dx. \quad (2.38)$$

Expresiile (2.37) și (2.38) evaluează ariile din zona de suprapunere a densității probabilităților acțiunilor și rezistențelor și se numesc *integrale de convoluție*, care se rezolvă grafic sau analitic, obținîndu-se valoarea numerică a probabilității P_r .

Exprimînd condiția de avariere sau rupere $S > R$ prin $R-S \leq 0$, se deduce probabilitatea de avariere $P_r = P(R-S \leq 0)$, adică probabilitatea ca diferența $R-S$ să ia valori negative.

În cazul distribuțiilor normale G a u s s pentru $f_R(x)$ și $f_S(x)$, rezultă că $f_{R-S}(x)$ se distribuie tot normal, avînd media $\bar{X}_{R-S} = \bar{X}_R - \bar{X}_S$ și abaterea standard $\sigma_{R-S} = \sqrt{\sigma_R^2 + \sigma_S^2}$. Se demonstrează totodată în teoria probabilității că pentru cazul întilnit frecvent în practică, cînd $f_R(x)$ și $f_S(x)$ nu au distribuții normale, funcția reprezentativă și diferența lor, $f_{R-S}(x) = f_R(x) - f_S(x)$ are o distribuție mai apropiată de distribuția normală decît de oricare din distribuțiile separate $f_R(x)$ și $f_S(x)$. De aceea, se poate folosi aproximativ pentru $f_{R-S}(x)$ distribuția normală, mai ales cînd nu există date sigure privind distribuția acțiunilor, adică:

$$f_{R-S}(x) = \frac{1}{\sigma_{R-S} \sqrt{2\pi}} e^{-\frac{(x-\bar{x}_{R-S})^2}{2\sigma_{R-S}^2}}, \text{ rezultînd:}$$

$$P_r = P(R-S \leq 0) = \int_{-\infty}^0 f_{R-S}(x) dx = \frac{1}{\sigma_{R-S} \sqrt{2\pi}} \int_{-\infty}^0 e^{-\frac{(x-\bar{x}_{R-S})^2}{2\sigma_{R-S}^2}} dx, \quad (2.39)$$

care, folosind variabila normală v , definită :

$v = \frac{x - \bar{x}_{R-S}}{\sigma_{R-S}}$; $dv = \frac{dx}{\sigma_{R-S}}$, conduce la formula lui C o r s o pentru :

$$P_r = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \int_{\frac{x - \bar{x}_{R-S}}{\sigma_{R-S}}}^{+\infty} e^{-\frac{v^2}{2}} dv. \quad (2.40)$$

Cunoscînd δ_{R-S} se poate citi direct probabilitatea P_r din tabelele legii de distribuție normală G a u s s, care depinde de mărimea coeficientului de variație δ_{R-S} al diferenței ($R-S$), în limite mari $\left(\frac{6,21 \cdot 10^{-3}}{2,87 \cdot 10^{-7}} = \frac{6,21}{2,87} \cdot 10^4\right)$, pentru δ_{R-S} de la 0,4 la 0,2).

În cazul aplicării repetate a încărcărilor, probabilitatea ca structura să reziste la n aplicări se măsoară cu funcția de risc a pierderii capacității portante $h(n)$. Probabilitatea comportării sigure, adică fiabilitatea, scade cînd n crește.

Dacă se ține seama că în realitate ruperea unui element poate avea loc după mai multe moduri de rupere sau cedare l (încovoiere, forfecare, torsiune etc.) considerate independente și pentru o singură acțiune aleatoare S sau cu n aplicări succesive ale acțiunii S , se determină probabilitatea de avariere după un singur mod $P_r(l)$ și ținînd seama de probabilitatea pentru un singur mod și pentru o singură acțiune P_r :

$$P_r(l) = l P_r \text{ și } P_r(l, n) = l \cdot n P_r, \quad (2.41)$$

și fiabilitatea :

$$L(l) = 1 - l P_r \text{ și } L(l, n) = 1 - l \cdot n P_r. \quad (2.42)$$

Pentru coeficientul de siguranță există câteva formulări practice bazate pe interpretarea probabilistică (fig. 2.12) [49].

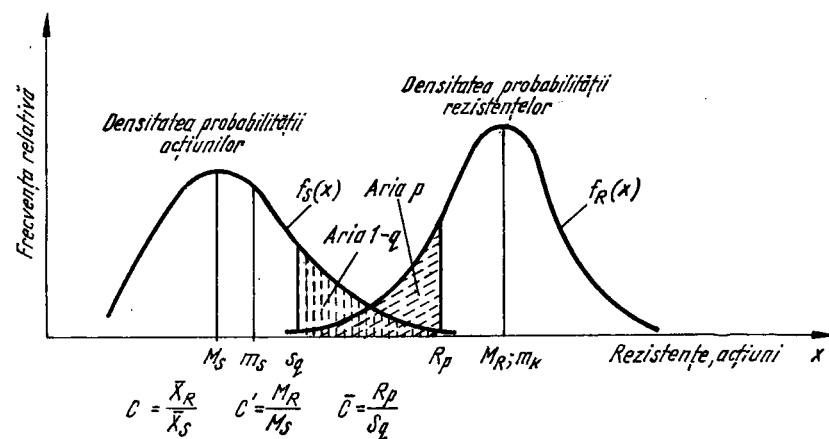


Fig. 2.12. Definirea coeficientului de siguranță.

1) Coeficientul de siguranță C , ca raportul între valorile medii ale lui $f_R(x)$ și $f_S(x)$, respectiv $\bar{x}_R$ și $\bar{x}_S$ (v. fig. 2.10) :

$$C = \frac{\bar{x}_R}{\bar{x}_S}, \quad (2.43)$$

care se poate exprima în funcție de $\delta_{v,S}$, $\delta_{v,R}$ și $\delta_{v,R-S}$ prin ecuația (după Freudenthal), rezolvată în tabele pentru probabilități de avariere : $10^{-4} \dots 10^{-6}$:

$$[1 - (\delta_{v,R}/\delta_{v,R-S})^2] C^2 - 2C - [1 - (\delta_{v,S}/\delta_{v,R-S})^2] = 0 \quad (2.44)$$

2) Ca măsură a siguranței s-a propus și inversul coeficientului de variație al cantității $R-S$, β (după A. Cornell) :

$$\beta = \frac{1}{\delta_{v,R-S}}. \quad (2.45)$$

3) Coeficientul de siguranță C stabilit în ipoteza distribuțiilor logaritmice normale pentru acțiunea S și rezistența R , în care caz variabilele $\ln R$ și $\ln S$ respectă distribuția normală. În general, coeficienții de variație ai rezistențelor sînt la oțeluri 6...12% și la beton 10...25%, pentru condiții medii de fabricație a oțelului, respectiv de preparare a betonului. Coeficientul de siguranță C este apreciat pe baza probabilităților P , calculate cu ajutorul integralei de convoluție, iar rezultatele depind de legile de distribuții folosite și de valoarea coeficienților de variație δ_v , care caracterizează statistic rezistențele și acțiunile.

4) Coeficientul de siguranță C' , definit ca raportul între modulii distribuției rezistențelor M_R și ai încărcărilor M_S :

$$C' = \frac{M_R}{M_S}, \quad (2.46)$$

cînd una sau ambele distribuții $f_R(x)$, $f_S(x)$ sînt distribuții unimodale asimetrice. Cele două definiții (2.43) și (2.46) se confundă pentru distribuții unimodale simetrice (G a u s s), căci media și modulul se confundă și ele.

5) Coeficientul convențional de siguranță $\bar{C}$, definit ca raportul între valoarea minimă a rezistenței și valoarea maximă a încărcării :

$$\bar{C} = \frac{R_{min}}{S_{max}}. \quad (2.47)$$

Coeficientul de siguranță convențional poate fi scris pentru anumite probabilități stabilite de depășiri a încărcării S și reduceri de rezistență R , adică pentru valoarea cuantilelor, de exemplu, $S_{0.95}$; $S_{0.98}$, ale încărcării aleatoare S și $R_{0.05}$; $R_{0.02}$ ale rezistențelor aleatoare R :

$$\bar{C} = \frac{R_p}{S_q}, \quad (2.48)$$

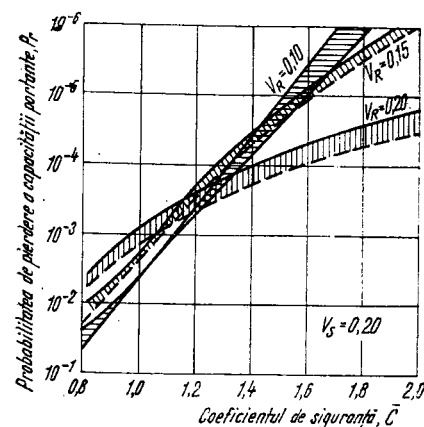


Fig. 2.13. Corelația între coeficientul de siguranță convențional $\bar{C} = R_{0.95}/S_{0.95}$ și probabilitatea de avarie (pierdere a capacității portante).

înlocuirea distribuției normale cu o distribuție de tip extrem.

6) În cazul cînd R și S sînt cantități deterministe, coeficientul de siguranță este definit în mod simplu:

$$c = \frac{R_{\text{determinist}}}{S_{\text{determinist}}} \quad (2.50)$$

O apreciere aproximativă a coeficientului de siguranță în metoda de calcul la stările limită se poate face considerînd relațiile (2.13) și (2.21), din care rezultă:

$$c = \frac{n}{m_m m_e k} \text{ sau } c = \frac{n}{m_e k}, \text{ cînd } m_m = 1, \quad (2.51)$$

care pentru valorile: $n = 1,1 \dots 1,4$; $m_e = 1$ și $k = 0,5$, rezultă valori ale coeficientului de siguranță de $2,2 \dots 2,8$.

Capitolul 3

ACȚIUNI ÎN CONSTRUCȚII

3.1. DEFINIȚII. CLASIFICAREA ȘI GRUPAREA ACȚIUNILOR

3.1.1. DEFINIREA ACȚIUNILOR

Prin *acțiune* se înțelege orice cauză capabilă de a genera stări de solicitare mecanică într-o construcție. Acțiunile pot să se manifeste sub forma unor sisteme de forțe, de deplasări sau deformări impuse (acțiunea temperaturii, a tasării reazemelor, a contracției, a curgerii lente, a umidității, a precomprimării

unde R_p și S_q sînt valorile rezistențelor și încărcărilor cu probabilitate p și respectiv q de a obține valori mai mici decît ele, care sînt alese diferit în funcție de nivelul cunoștințelor statistice.

Se arată că:

$$C = \frac{\bar{x}_R}{\bar{x}_S} = \frac{R_{0.5}}{S_{0.5}} \quad (2.49)$$

și că: $C = \frac{R_p}{S_q}$ cu $(p; 1 - q) < 0,5$ astfel că rezultă: $\bar{C} < C$.

În figura 2.13 [49] se prezintă corelația dintre coeficienții de siguranță convențională $\bar{C} = R_{0.95}/S_{0.95}$ și probabilitățile de avariere P_r .

Se poate menționa că o creștere importantă a probabilității de rupere are loc prin

etc.) sub formă simplă, combinată sau în cazuri mai complexe ca rezultat al unor fenomene de interacțiune dintre construcție și mediul ambiant mecanic — climatic. Acțiunile pot fi de diferite proveniențe, datorate: greutateii proprii a elementelor de construcție, destinației funcționale, unor factori naturali ca cei climatici sau seismici etc. sau, în anumite cazuri, unor cauze excepționale (explozii, schimbarea radicală a configurației terenului etc.) și pot avea diferite distribuții în spațiu, cu caracter static sau dinamic. În calcule este necesar să se țină seama de specificul acțiunilor din toate aceste puncte de vedere.

Prin *încărcare* se înțelege reprezentarea unei acțiuni utilizată în calculul construcțiilor. Schemele de încărcare cuprind reprezentări grafice pentru sisteme de forțe, de deplasări sau deformări impuse etc., cu precizarea parametrilor: puncte de aplicație, orientări, intensități pentru acțiuni statice, frecvențe, amplitudini etc. pentru acțiuni dinamice. Valorile normate ale parametrilor care caracterizează acțiunile constituie valori de referință și se stabilesc în standardele de specialitate, ținînd seama de specificul variabilității statistice pentru fiecare tip de acțiune. Valorile de calcul ale parametrilor care caracterizează acțiunile se stabilesc, de obicei, prin înmulțirea valorilor normate cu *coeficienți ai încărcărilor*, prin care se ține seama de abaterile posibile în sens nefavorabil față de valorile acestor parametri, datorită variabilității statistice a acțiunilor. Ei au de regulă rolul de a spori intensitățile normate și se stabilesc în prescripțiile tehnice pentru fiecare acțiune și pentru verificarea la anumite stări limită. Valorile de calcul se numesc, prescurtat, *valori limită* în verificarea la stările limită ultime și *valori de exploatare* în verificarea la stările limită ale exploataării normale.

În verificarea siguranței construcțiilor se consideră de obicei acțiunile care intervin în mod normal în decursul exploataării, neglijîndu-se acțiunile cu caracter catastrofal (datorită stării de război, unor fenomene naturale imprevizibile etc.).

3.1.2. CLASIFICAREA ACȚIUNILOR

Clasificarea acțiunilor servește pentru verificarea siguranței construcțiilor și alcătuirii unor grupări raționale pentru calculul structurilor.

Criteriul principal de clasificare a acțiunilor, utilizat în STAS 10 101/0—75 „Clasificarea și gruparea acțiunilor” aplicat în calculul tuturor categoriilor de construcții, este criteriul frecvenței acțiunilor întîlnite la anumite intensități. Se are în vedere probabilitatea apariției acțiunilor, în anumite intervale de timp, la valori situate în domenii defavorabile, care afectează în mod determinant siguranța construcțiilor.

Se pot distinge următoarele tipuri de acțiuni din punctul de vedere al frecvenței:

— *acțiuni permanente AP*, care se aplică în mod continuu cu o intensitate practic constantă în raport cu timpul. Această intensitate poate să se reducă sensibil (sau să se anuleze) numai în cazuri excepționale (de exemplu, prin absența temporară a unor părți din structură). În cadrul acțiunilor permanente se consideră: greutatea elementelor permanente de construcție, greutatea și presiunea pămîntului și umpluturilor și efectul precomprimării;

— *acțiuni temporare AT*, care variază sensibil în raport cu timpul sau pot să lipsească total în anumite intervale de timp. Se menționează ca acțiuni temporare pentru construcții civile: încărcările utile curente pe planșeele clădirilor de locuit și social-culturale datorite greutateii oamenilor, mobilei și uti-

lajului ușor sau date de pereții despărțitori; presiunea hidrostatică a apei (presiunea apei cu nivel liber, subpresiunea, efectul apei din pori, presiunea hidrostatică a apei subterane la diferite niveluri); încărcări climatice datorite zăpezii, vântului și variațiilor de temperatură climatică; împingerea pământului datorită încărcării terenului cu materiale depozitate; încărcări cu autovehicule pentru garaje și rampe pentru autoturisme, precum și pentru pasaje și curți carosabile etc.;

— *acțiuni excepționale AE*, care apar foarte rar, eventual niciodată în viața construcției la intensități semnificative. În cadrul acțiunilor excepționale se consideră: încărcarea seismică avută în vedere în calculul construcțiilor; încărcări cu caracter de șoc, datorite ciocnirii autovehiculelor de elemente de construcții sau exploziilor; încărcări datorite ruperii unor elemente de construcție etc.

În unele situații, în conformitate cu prescripțiile de specialitate, pot fi considerate drept acțiuni excepționale unele acțiuni temporare cu intensități deosebit de ridicate (de exemplu, căderi excepționale de zăpadă, furtuni deosebit de puternice sau cicloane) sau unele acțiuni temporare specifice procesului de execuție a lucrărilor de construcții. De asemenea, unele acțiuni permanente, care în anumite stadii de execuție sau de exploatare a construcției pot să lipsească, urmează a fi considerate pentru stadiile respective drept acțiuni temporare.

Clasificarea acțiunilor după criteriul frecvenței se poate completa sau detalia cu alte clasificări suplimentare, pentru verificarea la anumite stări limită și pentru anumite categorii de construcții, ținându-se seama de specificul comportării construcțiilor și al verificării siguranței, folosindu-se criterii privind: modul de manifestare (ca sisteme de forțe sau deformații date etc.), viteza de încărcare, durata absolută sau relativă pe care o au diferitele intensități cu implicații asupra comportării materialelor de construcție etc.

3.1.3. GRUPAREA ACȚIUNILOR

Încărcările pot acționa simultan asupra construcției grupate în diferite combinații, iar calculul construcțiilor trebuie efectuat cu considerarea combinațiilor defavorabile, practic posibile ale diferitelor acțiuni. Ipotezele de calcul, care consideră simultan mai multe încărcări posibile prin intermediul unor valori de calcul afectate de coeficienții de grupare, reprezintă grupările de încărcări, alcătuite pe baza schemelor de încărcare considerate pentru diferitele acțiuni. Coeficientul de grupare n reprezintă un coeficient care afectează o valoare de calcul pentru o acțiune considerată într-o grupare, astfel încât efectele acestei grupări să corespundă unei asigurări raționale. Coeficienții de grupare sînt introduși cu considerarea probabilității reduse de apariție simultană a acțiunilor la intensitățile cele mai defavorabile, în vederea obținerii prin grupări a unor intensități ale încărcărilor rezultante, eforturilor sau tensiunilor totale etc. care să ducă la o asigurare rațională a structurilor. Valorile coeficienților de grupare sînt date în prescripțiile tehnice, pentru diverse categorii de construcții sau încărcări, indicîndu-se și eventualele valori subunitare, utilizate în cazul anumitor încărcări. Stabilirea grupărilor de încărcări se face cu considerarea modului specific de aplicare a acțiunilor, în funcție de natura stărilor limită considerate.

Grupările utilizate în calcul se împart în două categorii principale:

— *grupări fundamentale*, în care se consideră încărcările datorite acțiunilor permanente și unor acțiuni temporare, a căror prezență simultană este practic posibilă;

— *grupări speciale*, în care se consideră, de regulă, încărcările datorite acțiunilor permanente, încărcările datorite unor acțiuni temporare a căror prezență în timpul apariției unei acțiuni excepționale este posibilă cu o intensitate cvasipermanentă sau, eventual frecvent întilnită și o acțiune excepțională.

În STAS 10 101/0—75 „*Acțiuni în construcții*” sînt indicate acțiunile permanente *AP*, acțiunile temporare *AT* și acțiunile excepționale *AE* întilnite în calculul tuturor categoriilor de construcții, considerațiile generale și prescripțiile tehnice privind modul de determinare a valorilor utilizate în calcul (valori normate, coeficienți ai încărcărilor, valori de calcul), ca și modul de alcătuire a grupărilor (încărcările și stările limită considerate, valori ale coeficienților de grupare etc.).

3.2. ÎNCĂRCĂRI PERMANENTE ȘI ÎNCĂRCĂRI DATORITE PROCESULUI DE EXPLOATARE

3.2.1. ÎNCĂRCĂRI PERMANENTE ȘI GREUTĂȚI TEHNICE

Intensitățile normate ale încărcărilor datorite greutateii elementelor de construcție și pămînturilor, care se manifestă de regulă ca sisteme de forțe date acționînd static, se stabilesc pe baza valorilor greutateilor tehnice (greutăți: specifice, specifice aparente, în grămadă sau în vrac, în stivă etc.) ale materialelor și produselor de orice natură, în starea în care încarcă construcțiile, ținîndu-se seama de efectul umidității și gradului de îndesare în condițiile specifice de execuție și exploatare.

În cazuri speciale, greutateile tehnice se stabilesc prin determinări directe sau pe baza datelor furnizate de fabrici.

În determinarea valorilor normate ale forțelor datorate precomprimării se consideră variația în timp a intensității precomprimării, ca și specificul de acțiune, ținînd seama de modul de realizare.

Valorile normate ale intensităților acțiunilor permanente se determină de obicei (v. STAS 10 101/1...9/75), pe baza mediilor statistice, distribuția lor apropiindu-se de distribuția normală G a u s s, cu luarea în considerație a unor efecte defavorabile datorate umidității, condițiilor de punere în operă etc. Valorile de calcul ale intensităților se stabilesc cu ajutorul coeficienților încărcărilor permanente, determinați pe baza coeficienților de variație corespunzători, astfel încît valorile de calcul să constituie cuantili cu o asigurare corespunzătoare. Valorile acestor coeficienți sînt cuprinse în STAS 10 101/1—75 „*Greutăți tehnice și încărcări permanente*”, care cuprinde și valorile greutateilor tehnice ale materialelor și produselor pentru construcții, în N/m^3 și ale încărcărilor permanente date de elementele obișnuite de construcție, în N/m^2 .

Coeficienții încărcărilor pentru acțiunile permanente variază între 1,1 și 1,3 pentru stările limită ultime; cînd încărcările permanente au un efect favorabil asupra siguranței construcțiilor, asupra comportării elementului în secțiunea și în starea limită analizată, se folosesc coeficienți subunitari (0,8...0,9) pentru

aceste încărcări. Coeficienții încărcărilor capătă valoarea 1 pentru verificarea la starea limită ultimă de oboseală, ca și la stările limită ale exploatarei normale. Coeficienții încărcărilor permanente, luați în calcule, se consideră, de obicei, în același sens pentru toată structura sau partea de structură calculată.

3.2.2. ÎNCĂRCĂRI DATORITE PROCESULUI DE EXPLOATARE

3.2.2.1. Reguli de evaluare a încărcărilor generate de procesul de exploatare. Încărcările datorite procesului de exploatare se determină în funcție de destinația construcțiilor, condițiile respective de exploatare și când este cazul, de modificarea de perspectivă a acestor acțiuni (de exemplu: în cazul greutateții convoaielor pentru transporturi). De asemenea, trebuie să se țină seama în mod corespunzător de modul de acțiune a acestor încărcări (în particular, sub forma de forțe date, sub forma de deformații sau de deplasări impuse), de caracterul lor static sau dinamic care este precizat de evoluția lor în timp, de distribuția în spațiu a încărcărilor și de unele aspecte specifice legate de condițiile de lucru ale structurilor calculate.

Evaluarea încărcărilor datorite proceselor tehnologice, utilajului și echipamentului trebuie să se facă pe baza tuturor datelor tehnologice și se specifică, de obicei, în prescripțiile tehnice.

Valorile normate ale intensităților acțiunilor temporare se definesc și se determină pe baza intensităților extreme înregistrate în limitele unor perioade de revenire compatibile cu stările limită considerate. Se disting după caz: *intensități cvasipermanente*, caracterizate prin medii statistice (de exemplu: medii statistice pentru greutatea pereților despărțitori, a utilajului, a fluidelor din conducte); *intensități frecvent întâlnite*, caracterizate prin valorile extreme ale acțiunilor cu o perioadă de revenire relativ scurtă (de exemplu: intensități cu perioade de revenire de 0,5...2 ani, pentru acțiuni climatice); *intensități rar întâlnite*, caracterizate prin valori extreme ale acțiunilor cu o perioadă de revenire relativ lungă (de exemplu: intensități cu perioade de revenire de 5...20 ani pentru acțiuni climatice; intensități extreme, definite în mod corespunzător, pentru încărcarea cu oameni pe planșeele locuințelor).

În cazul elementelor de construcție supuse unor încărcări care se modifică de multe ori, datorită unor schimbări ale modului de exploatare (spre exemplu, redistribuirea birourilor, camerelor spitalelor, unor încăperi de depozitare etc.), se poate aprecia un eventual spor al valorilor normate menționate în prescripții tehnice, care să țină seama de mărirea probabilității de depășire a unor intensități mari ale încărcării.

Mașinile și utilajele cu amplasament fix provoacă asupra elementelor de construcție acțiuni dinamice, prin apariția forțelor de inerție, pentru care există prescripții de specialitate. În mod simplificat se poate considera acțiunea dinamică a utilajelor de ridicare și transport prin intermediul unui coeficient dinamic egal cu 1,2.

3.2.2.2. Evaluarea încărcărilor utile curente. Valorile normate ale intensităților încărcărilor utile, verticale, curente, aplicate static, pentru încăperi și spații de acces (coridoare, vestibuluri, scări, podeste) ale construcțiilor civile (STAS 10 101/2A1—75), reprezintă valori maxime în condiții curente de exploatare.

Când planșeele clădirilor urmează să suporte obiecte mai grele (sobe, case de bani, aparataj special medical etc.), încărcări date de utilaje speciale (vase de expansiune, rezervoare și motoare ale instalațiilor, cazane de încălzire cen-

trală, ascensoare etc.) sau greutatea pereților despărțitori, structura se calculează la încărcările echivalente reale acționând pe suprafețele efectiv ocupate, în conformitate cu rezemarea lor.

Pe lângă încărcările utile curente verticale, distribuite pe suprafața orizontală, se întâlnesc și încărcări utile concentrate verticale și aplicate pe elemente în poziția cea mai defavorabilă, ca în cazul treptelor de scări, a elementelor secundare de rezistență ale planșeelor (plăcuțe, elemente de umplutură etc.) și ale acoperișurilor și teraselor (de exemplu: pane, căpriori, streșini, plăcuțe prefabricate etc.); această încărcare concentrată nu se consideră în calcul simultan cu altă încărcare sau cu o încărcare dată de vânt. În cazul balustradelor, încărcările verticale se distribuie liniar (N/m).

Ca încărcări orizontale se menționează încărcările orizontale la balustrade, încărcarea orizontală distribuită în direcția și sensul cel mai dezavantajos la tribune pentru spectatori (1/20 din încărcarea utilă verticală) și o încărcare orizontală, liniară și uniform distribuită (500 N/m), aplicată pe pereții despărțitori neportanți la o înălțime de 0,90 m de cota pardoselii.

3.2.2.3. Încărcări date de pereți despărțitori. Când poziția și greutatea pereților despărțitori nu sînt cunoscute și în cazul planșeelor la care se poate considera o repartitie transversală a încărcărilor liniare, se admite ca acțiunile date de acești pereți să fie considerate drept încărcări echivalente uniform distribuite pe un perimetru al planșeului, pe care sprijinirea acestora este posibilă. Această prevedere se aplică numai pereților despărțitori neportanți a căror greutate distribuită pe lungimea pereților este cuprinsă între 1 500 și 5 000 N/m, la care se consideră ca încărcări echivalente uniform distribuite pe m² valorile (500... 1 500) N/m².

3.2.2.4. Indicații suplimentare pentru încărcări generate de procesul de exploatare. Prescripțiile tehnice privind încărcările generate de procesul de exploatare pentru calculul construcțiilor civile (STAS 101 01/2A1—75) cuprind o serie de prevederi suplimentare, precum:

- valorile încărcărilor cu autovehicule pentru calculul garajelor, rampelor, pasajelor și curților carosabile, inclusiv a elementelor secundare și balustradelor planșeelor care suportă autovehicule;

- considerarea acțiunii dinamice a încărcărilor cu autoturisme a garajelor și rampelor acestora și cu autovehicule a pasajelor și curților carosabile, prin folosirea unui coeficient dinamic de 1,2 la calculul planșeelor care suportă vehicule și al stîlpilor care susțin planșee, în limitele unui singur etaj;

- forțele orizontale datorate șocului aplicat de la o înălțime de 1,20 m asupra stîlpilor (de colț, curenți), pilaștrilor și în general, reazemelor de colț sau de fronton ale construcțiilor importante, care se află la cel mult 50 cm distanță de benzile de circulație pentru autovehicule și care pot fi expuse loviturilor, în cazul când fac parte din structura de rezistență, iar deteriorarea lor periclitează stabilitatea construcției;

- reducerea încărcărilor utile distribuite pe planșee pentru calculul grinzilor și stîlpilor de la locuințe și instituții administrative, științifice, de proiectare și învățămînt, birouri etc., ținîndu-se seama de simultaneitatea de încărcare a diferite elemente de construcție și dîndu-se indicații speciale în cazul sălilor de lectură;

- valorile încărcărilor utile în timpul execuției pentru cofrajele, cintrele, schelele și eșafodajele, care pot fi acționate de o încărcare uniform distribuită, provenită din căile de circulație instalate pe cofraj și din aglomerările de oameni și de o încărcare concentrată, provenită din greutatea muncitorilor ce transportă

încărcătura sau a mijloacelor de transport încărcate, acționind asupra cofrajului și elementelor orizontale de susținere, a căror simultaneitate se apreciază în funcție de condițiile reale de lucru. Pereții cofrajelor se calculează la împingera laterală a betonului și la o încărcare orizontală dinamică, uniform distribuită, provenită din șocurile ce se produc la descărcarea betonului. Elementele prefabricate se verifică la încărcările din timpul transportului, a montajului și în timpul execuției, ținându-se seama că capacitatea lor portantă este atinsă după întărirea betonului turnat la fața locului (în îmbinări destinate să transmită eforturi, la suprabetonări etc.);

— variantele de încărcare a planșelor cu încărcări utile, care trebuie să ia în considerare condițiile reale de exploatare ale construcțiilor. Cînd nu există date suficiente în acest scop, se pot considera în calcul următoarele variante pentru schemele de încărcare a diferitelor planșee:

- 1) absența pe planșee a încărcării utile;
- 2) încărcarea completă a planșeului;
- 3) încărcarea parțială, conform unei ipoteze defavorabile a suprafeței planșeului, pentru elementele sensibile la o astfel de schemă.

Schema (3) se consideră, în cazul structurilor etajate, simultan pentru cel mult jumătate (cu rotunjiri în plus) din numărul de planșee, dar nu mai puțin decît două. Celelalte planșee se consideră încărcate după schemele (1) și (2).

Încărcările datorate podurilor rulante sînt prezentate în STAS 10 101/2A2-75.

Dacă în timpul execuției se consideră că unele încărcări utile, în afară de cele specifice, pot avea efecte dinamice importante, se ține seama obligatoriu, în calcule, de acestea.

3.2.2.5. Coeficienții încărcărilor și valorile lor de calcul. Valorile coeficienților încărcărilor pentru verificarea la stările limită ultime sînt supraunitare, fiind cuprinse între 1,0 și 1,4; în cazul încărcărilor dinamice se folosesc coeficienții dinamici indicați în STAS 10 101/2A1-75 sau în alte prescripții tehnice. Coeficienții încărcării pentru verificarea la starea limită de oboseală variază între 0,4 și 1,0, avînd valoarea nulă în cazul încărcărilor care acționează în timpul execuției construcțiilor și în cazul încărcărilor verticale sau orizontale concentrate sau distribuite pe balustrade, parapete etc.

Coeficienții încărcărilor pentru stările limită ale exploatării normale în condiții de exploatare de scurtă durată se iau egali cu unitatea, iar în condiții de exploatare de lungă durată se iau la fel ca pentru starea limită de oboseală.

Valorile de calcul, care intervin în alcătuirea grupărilor de încărcări pentru verificarea la stările limită ultime (cu excepția stării limită de oboseală), se determină cu ajutorul coeficienților de grupare, de obicei cu valori între 0,4 și 1,0, după frecvența intensităților (cvasipermanente și rar întîlnite).

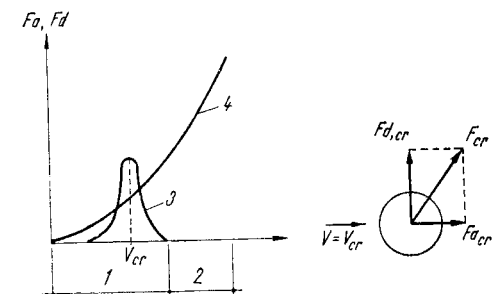
3.3. ÎNCĂRCĂRI DATE DE VÎNT

3.3.1. VÎNTUL, ELEMENT CLIMATIC

Mediul climatic acționează mecanic asupra construcțiilor, în principal prin încărcările date de vînt, de zăpadă și de temperatura exterioară. Totodată construcțiile trebuie protejate de umeziri datorate precipitațiilor: ploaie, ploaie cu vînt etc., care pot fi urmate în anumite condiții de acțiuni mecanice. Regimul vînturilor este foarte complicat pe regiuni întinse și pe porțiuni mici

Fig. 3.1. Reprezentarea schematică a acțiunii vîntului asupra construcțiilor:

1 - domeniul vitezelor pentru vînt laminar; 2 - domeniul vitezelor pentru vînt turbulent; 3 - variația forței laterale de derivă, F_d , în regim laminar; 4 - variația forței de antrenare, F_a .



ale teritoriului țării și poate fi caracterizat prin *roza vînturilor*, care dă frecvența și tăria (intensitatea) medie a vîntului, măsurată după scara *Beaufort*, de obicei după 8 direcții, raportate la punctele cardinale.

La viteze mici, regimul este laminar și are efecte statice asupra construcțiilor, iar vîrtejurile alternante *Karman*, care se produc prin scurgerea aerului în jurul construcției, provoacă pe lîngă forța de antrenare F_a , dirijată după direcția vîntului, o forță laterală de derivă F_d , aplicată normal pe direcția vîntului (fig. 3.1).

Numeroase observații au evidențiat oscilațiile construcțiilor zvelte în direcția perpendiculară pe acțiunea vîntului, care apar numai în regim laminar și pentru viteze relativ mici (< 25 m/s). Cînd perioada proprie a vîntului coincide cu perioada proprie de vibrație a construcției poate avea loc rezonanța, adică oscilații maxime ale construcției perpendicular pe direcția vîntului, la care corespunde viteza critică V_{cr} . La viteze mai mari decît 25 m/s mișcarea aerului devine *turbulentă* și se manifestă prin rafale (pulsatii) succesive, adică printr-o succesiune de fluctuații bruște și repetate periodic, la intervale scurte, ale vitezei și direcției vîntului față de viteza și direcția medie de mișcare a masei de aer (fig. 3.2). Se precizează că viteza este cea mai importantă caracteristică a vîntului din punctul de vedere al acțiunii sale mecanice asupra construcțiilor și ea determină presiunea exercitată de vînt asupra lor.

Viteza vîntului se măsoară cu anemometre, amplasate de obicei într-o regiune plană, în afara orașelor, în zone neadăpostite, deschise, fără case sau arbori și libere de orice obstacole, la o înălțime de 10 m pentru a evita influența frecării de sol și a altor obstacole. Se fac măsurători și în orașe, anemometrele montîndu-se pe clădiri înalte, turnuri etc. Pentru construcțiile importante se recomandă să se efectueze înregistrări și analize statistice ale vitezei vîntului în amplasamentul construcției.

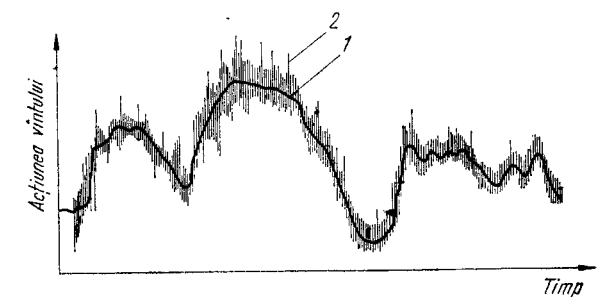


Fig. 3.2. Variația în timp a vitezei vîntului:

1 - viteza medie de bază; 2 - viteza de rafală sau de vîrf.

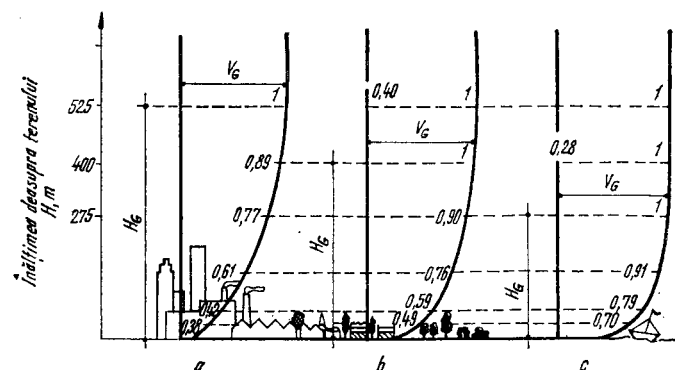


Fig. 3.3. Profilul variației vitezelor medii ale vântului pe înălțime :
a - zone centrale ale marilor orașe cu clădiri înalte, $V_H = V_G (H/H_G)^{0,40}$; b - zone împădurite, orașe mici, $V_H = V_G (H/H_G)^{0,29}$; c - zone deschise, litoral, cimpuri, $V_H = V_G (H/H_G)^{0,16}$.

Viteza vântului într-un punct geografic dat variază cu înălțimea fiind mai mică lângă sol, datorită frecării; profilul de variație a vitezei vântului este influențat de rugozitatea terenului (fig. 3.3). La o înălțime suficientă, denumită înălțimea gradientului H_G , viteza se stabilizează, scurgerea masei de aer devine laminară și se caracterizează prin valoarea limită a vitezei vântului, numită gradientul vântului V_G . Înălțimea gradientului H_G diferă (525; 400 sau 275 m), după starea de rugozitate α a terenului ($\alpha = 0,40$; 0,29 sau 0,16, v. fig. 3.3). Direcția și tăria vântului reprezintă date de bază și în studiul problemelor de ventilație și de permeabilitate la ploaie și vînt a elementelor exterioare de construcție sub acțiunea simultană a ploii și vîntului.

3.3.2. DEFINIREA STATISTICĂ A VITEZEI VÎNTULUI

Viteza mediată a vîntului este o mărime aleatoare, a cărei exprimare se poate face numai pe baze statistice. În afară de vitezele medii ale totalității valorilor seriei pe perioada de 10 ani, care respectă în general distribuția *P e a r s o n* tip III sau *W e i b u l l*, un interes deosebit pentru calculul construcțiilor îl prezintă vitezele maxime, care determină presiunile maxime exercitate de vînt asupra construcțiilor. În acest scop sînt selecționate valorile maxime: zilnice, lunare și anuale ale vitezelor medii (în sensul de mediate), aplicîndu-se teoria valorilor extreme. Se folosește noțiunea de perioadă de revenire T_r a unei valori mai mari decît V , care este numărul de ani care trec în medie între două valori ale variabilei cu viteze mai mari sau egale ca V , astfel că perioada de revenire este o măsură a gradului de siguranță acceptat pentru structură. Cercetările sovietice au arătat că mediile statistice ale valorilor maxime ale vitezei vîntului determinate pe intervale de timp între 10 și 40 ani sînt apropiate, astfel încît durata ciclului de observație poate fi scurtă, iar practic se pot considera corecte valori ale perioadei de revenire de 20 pînă la 50 ani în cazul construcțiilor curente. Se menționează că dintre toate acțiunile exterioare climatice care se exercită asupra structurilor, vîntul este cel mai adecvat pentru interpretări statistice.

3.3.3. PRESIUNEA VÎNTULUI

Vîntul posedă energie cinetică prin masa și viteza aerului în mișcare. Această energie cinetică se transformă la întîlnirea unui obstacol, total sau în parte, în energie potențială a presiunii.

3.3.3.1. Relația dintre presiunea și viteza vîntului. Relația teoretică dintre viteza și presiunea vîntului pe o suprafață plană izbită perpendicular de masa de aer, considerată ca un corp elastic, a fost determinată pentru prima dată de *N e w t o n* în ipoteza că prin izbire se consumă întreaga energie cinetică a vîntului, pe baza legii lui *B e r n o u l l i* și a egalității dintre energia cinetică și lucrul mecanic:

$$g_v = \frac{1}{2} \rho V^2, \quad (3.1)$$

unde g_v este presiunea dinamică de bază a vîntului, în kN/m^2 ;

ρ — densitatea aerului, în t/m^3 ;

V — viteza vîntului, în m/s ; în prescripțiile tehnice se precizează valoarea vitezei convenționale V_{conv} , utilizată în calculul structurilor.

La 20°C și cu $\rho = 1,225 \times 10^{-3} \text{ t/m}^3$, presiunea dinamică de bază pe suprafețele plane, perpendiculare pe direcția orizontală a vîntului se poate exprima cu ajutorul relației:

$$g_v = \frac{V_{conv}^2}{1630} [\text{kN/m}^2]. \quad (3.2)$$

Din formula teoretică (3.2) rezultă că presiunea vîntului este independentă de forma și mărimea suprafeței bătute de vînt, ceea ce nu corespunde cu realitatea; de aceea, în practică formula se completează cu coeficienți de corecție, determinați experimental care țin seama de forma construcțiilor. Totodată, relația (3.2) evidențiază că aceiași parametri influențează și valorile vitezei și ale presiunii, printre care în primul rînd se amintește înălțimea deasupra terenului.

3.3.3.2. Legea de variație a presiunii vîntului cu înălțimea. Ca legi de variație a presiunii dinamice de bază cu înălțimea, aspect deosebit de important pentru clădirile cu multe niveluri și înalte, se menționează:

— după *Davenport*:

$$g_{v,H} = g_{v,G} \left(\frac{H}{H_G} \right)^{2\alpha} [\text{kN/m}^2], \quad (3.3)$$

în care $g_{v,G}$ este presiunea dinamică a gradientului vitezei, exprimată cu relația:

$$g_{v,G} = \frac{V_G^2}{1630} [\text{kN/m}^2]; \quad (3.4)$$

— după formula clasică, utilizată în numeroase prescripții tehnice:

$$g_{v,H} = g_{v,10} \left(\frac{H}{10} \right)^{2\alpha_1} [\text{kN/m}^2], \quad (3.5)$$

în care $g_{v,10}$ este presiunea dinamică de bază la înălțimea de 10 m.

În proiectare se utilizează diagrame convenționale simplificate și acoperitoare, de obicei în trepte, altele cu variație liniară (fig. 3.4).

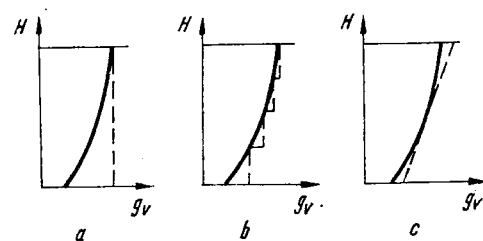


Fig. 3.4. Diagrame simplificate pentru variația presiunii dinamice a vântului pe înălțime :
a — curbilinie; b — în trepte; c — liniară.

3.3.3.3. Valori pentru presiunea dinamică de bază. În STAS 10 101/20-75 „Acțiunea vântului” sînt date valorile pentru presiunea dinamică de bază, care corespund unei perioade de revenire T_r de circa 10 ani. Teritoriul țării noastre este împărțit în 4 zone (A, B, C, D) cu înălțimi pînă la 800 m și o zonă (E) cu altitudini cuprinse între 800 și 2 400 m deasupra nivelului mării. Sînt indicate valori pentru presiunea dinamică de bază pe înălțime pentru trepte de 10 pînă la 150 m, pentru trepte de 50 pînă la 350 m, după care se consideră că se realizează gradientul vitezei V_g , adică o viteză constantă. În tabelul 3.1 sînt arătate presiunile dinamice de bază pentru cele 4 zone (A, B, C, D) la sol și la înălțimea de 10 m deasupra solului, pentru amplasamente *extravilan* (zone deschise, cîmpie, maluri libere ale apelor etc.) și *intravilan*, în funcție de distribuția obstacolelor situate în vecinătatea construcției. Construcțiile se pot considera ca amplasate intravilan cînd sînt situate în zone construite în ansambluri industriale, în orașe, în zone cu masive de pădure sau cu obstacole naturale echivalente, care au înălțimea mai mare de 10 m și sînt distribuite în toate direcțiile în raport cu construcția considerată.

Presiunea dinamică de bază la înălțimea de 10 m pentru construcțiile situate în zona E are valori cuprinse între 0,45 și 1,80 kN/m².

Adăpostirea numai parțială a construcțiilor necesită o analiză a gradului lor de adăpostire, ținînd seama de condițiile reale pentru stabilirea presiunii dinamice de bază, admițîndu-se interpolarea între valorile indicate pentru amplasamente extravilan și intravilan.

De obicei, nu se ține seama de efectul adăpostirii în cazul suucțiunii și a construcțiilor situate pe bulevarde largi, în piețe și în general, la colțurile străzilor sau în alte locuri unde poate avea loc accelerarea mișcării masei de aer.

În unele cazuri, dispoziția unor grupuri de construcții sau a altor obstacole poate conduce la efecte defavorabile privind mărirea presiunii dinamice de bază, fiind necesare studii speciale pentru evaluarea corectă a efectelor vîntului.

Tabelul 3.1

Înălțimea deasupra terenului, m	Presiunea dinamică de bază, kN/m ²							
	Zona A		Zona B		Zona C		Zona D	
	E	I	E	I	E	I	E	I
0	0,45		0,55		0,70		0,85	
10	0,45	0,34	0,55	0,41	0,70	0,53	0,85	0,64

E — Extravilan; I — Intravilan

Se admite reducerea valorilor presiunii dinamice de bază în cazul construcțiilor provizorii și cu înălțimea redusă (<5 m) sau majorarea lor pentru construcțiile situate în zone deosebit de expuse vîntului (dealuri, zona înaltă a platourilor etc.), cînd se consideră ca presiune dinamică de bază valoarea corespunzătoare celui mai înalt punct al clădirii.

Pentru unele construcții cu amplasamente în condiții locale deosebite sau în regiuni muntoase, în văi, pe vîrfuri de teren etc., pentru care presiunea dinamică de bază poate căpăta valori neprevăzute, se recomandă stabilirea acestor valori cu ajutorul unor cercetări fundamentale, asigurîndu-se acestor construcții o siguranță apropiată de aceea a construcțiilor situate în condiții curențe din punctul de vedere al acțiunii eoliene.

3.3.4. FORȚE DIN VÎNT. RĂSPUNSUL EOLIAN AL STRUCTURILOR

Presiunile dinamice exercitate de acțiunea vîntului asupra construcțiilor le solicită printr-o acțiune de ansamblu, cît și direct prin efectele locale asupra elementelor și părților de construcție.

3.3.4.1. Direcția vîntului. Pentru determinarea efectelor vîntului se consideră că direcția curentului de aer este orizontală și că vîntul se exercită din orice direcție. Numai în cazuri speciale, cînd panta terenului depășește 30% pe o distanță de minimum 100 m în jurul construcției, direcția vîntului se consideră paralelă cu suprafața terenului.

În raport cu construcția, vîntul acționează din orice direcție, după roza vînturilor. Direcția vîntului în calcule se consideră, în general:

- aceeași cu direcțiile axelor principale de inerție ale clădirii, perpendicular pe suprafețele bătute de vînt, cînd nu există axe de simetrie;
- aceeași cu direcțiile axelor de simetrie ale suprafeței geometrice acoperită de clădiri.

În cazuri speciale, ca de exemplu stîlpi prismatici cu zăbrelețe, este necesar ca direcția vîntului să se considere orientată și după diagonală.

3.3.4.2. Componentele încărcării date de vînt. Acțiunea vîntului se manifestă prin componentele forțelor generate de mișcarea aerului, normal la suprafața expusă, sub formă de presiune (împingere) pe suprafețele expuse direct la vînt și prin suucțiune (sugere) pe suprafețele ferite, dar antrenate de vînt (fig. 3.5).

Determinarea intensităților normate ale încărcărilor normale din vînt se face cu ajutorul relației:

$$p_v^n = \beta c_n g_v, \quad (3.6)$$

în care p_v^n este componenta normală a acțiunii vîntului la suprafața expusă, în kN/m²;

- β — coeficientul dinamic, care ia în considerație efectele oscilațiilor proprii ale structurii sub acțiunea dinamică a vîntului;
- c_n — coeficientul aerodinamic al componentei normale a acțiunii vîntului, în funcție de forma și geometria construcției;
- g_v — presiunea dinamică de bază la înălțimea respectivă, în kN/m².

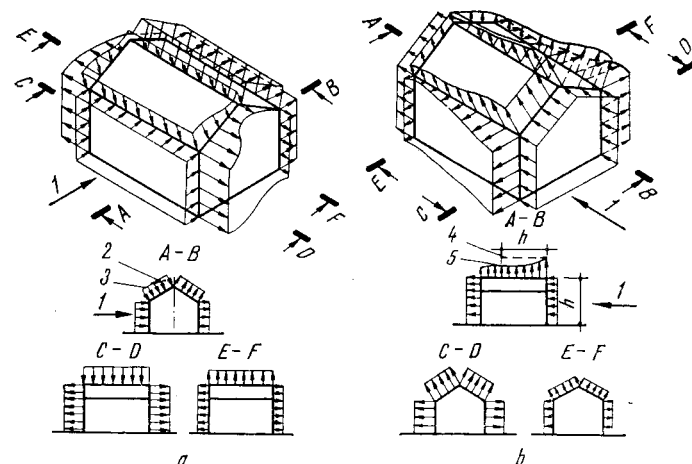


Fig. 3.5. Reprezentarea schematică a presiunilor (+) și suptiunilor (-) produse de vântul care acționează :

a — transversal clădirii; b — în lungul clădirii; 1 — direcția vântului; 2 — presiunea admisă în calcule; 3 — presiunea reală; 4 — suptiunea admisă în calcule; 5 — suptiunea reală.

De asemenea, vântul exercită o acțiune de frecare tangențială pe suprafețele paralele cu direcția sa, componentele tangențiale ale încărcărilor date de vânt la suprafața expusă, determinându-se numai în cazul suprafețelor mari, când sînt semnificative, cu ajutorul relației :

$$p_t^n = \beta c_f g_v, \quad (3.7)$$

în care p_t^n este componenta tangențială de frecare a acțiunii vântului la suprafața expusă, considerată distribuită, în kN/m^2 ;

c_f — coeficient aerodinamic tangențial (de frecare), care se poate lua $c_f = 0,025$.

Se admite în calcule că presiunile și suptiunile au valori constante, acoperitoare pe aceeași porțiune sau suprafață a clădirii. La construcții cu multe etaje și înalte, presiunile sau suptiunile pe înălțimea construcțiilor se distribuie, de obicei, în trepte de 10 m.

Forțele din vînt aplicate pe elementele exterioare de construcție se obțin prin înmulțirea presiunii dinamice de bază normată p_v^n , rareori p_t^n , cu suprafețele respective și reprezintă încărcările normate din vînt. Astfel, încărcarea normată dată de acțiunea vîntului exercitată normal pe un perete exterior de fațadă, alcătuit din suprafețe elementare A_i , acționate de presiuni dinamice diferite cu înălțimea, $p_{v,i}^n$ se obține cu relația :

$$\sum_{i=1}^n p_{v,i}^n A_i \quad [\text{kN}]. \quad (3.8)$$

Exprimări sintetice ale presiunii vîntului se găsesc în ultimul timp în multe prescripții tehnice, cum sînt, de exemplu, prescripțiile americane, care indică relația generală :

$$p_v^n = \frac{1}{2} c c_{top} \beta \rho V_h^2 \left(\frac{H}{h} \right)^{\frac{2}{\alpha}}, \quad (3.9)$$

în care c este coeficientul aerodinamic care depinde de geometria structurii (formă, dimensiuni etc.);

c_{top} — coeficient depinzînd de configurația topografică a terenului înconjurător;

β — coeficient dinamic, depinzînd de rafalele vîntului (durată, dimensiuni, viteză), de dimensiunile, flexibilitatea sau rigiditatea laterală a structurii;

V_h — viteza convențională, de bază, determinată la înălțimea h (diferită după autor și prescripții);

H — înălțimea deasupra terenului, pentru care se determină presiunea sau înălțimea caracteristică a structurii;

α — exponent care evidențiază creșterea vitezei vîntului cu înălțimea, influențat și de rugozitatea suprafeței terenului din vecinătatea amplasamentului.

Există și alți factori care influențează valoarea presiunii vîntului : unghiul de incidență al vîntului, comportarea terenului de fundație, presiunile interioare din clădiri etc.

Relația (3.9) evidențiază că încărcările exercitate de vînt asupra construcțiilor depind de *factori naturali* (densitatea și viteza aerului, configurația topografică a zonei), de *factori cvasinaturali* (rafalele vîntului, rugozitatea amplasamentului) și de *factori de concepție* (flexibilitatea sau rigiditatea laterală și geometria structurii, ca dimensiuni și formă), prin care se poate influența răspunsul eolian al construcțiilor [25].

Se poate observa că relațiile pentru presiunea și forțele date de vînt consideră principalii factori ai acțiunii eoliene ca *variabile independente*, ceea ce reprezintă o formulare simplificată însă suficient de corectă în majoritatea cazurilor practice, pentru încărcările date de vînt.

3.3.4.3. Încărcări rezultante date de vînt. Acțiunea indirectă a vîntului asupra elementelor structurii. Forțele din vînt aplicate construcțiilor pot fi considerate și prin rezultantele lor, determinate pe ansamblul elementelor de construcție sau pe unitatea lor de lungime. Rezultanta încărcărilor provenite din vînt P_t^n se calculează pentru grinzi cu zăbrele sau construcții cu suprafață exterioară cilindrică, tubulară, cu relația :

$$P_t^n = c_t g_v A_t \quad [\text{kN}], \quad (3.10)$$

în care A_t este aria totală afectată, iar c_t — coeficientul rezultantei acțiunii vîntului.

Rezultanta forțelor din vînt se calculează pentru alte construcții pe baza presiunilor, suptiunilor și forțelor tangențiale corespunzătoare, determinate pentru fiecare element de suprafață, conform schemelor de încărcare considerate în calcul. La acțiunile de ansamblu (antrenare, răsturnare, torsiune, suptiune generală etc.) se verifică unele tipuri de construcții (cele ușoare, fermele speciale, acoperișurile suspendate etc.).

Acțiunea de ansamblu se determină prin rezultanta vectorială a tuturor forțelor aerodinamice care acționează construcția, avînd direcția definită de cea a vîntului și poate fi descompusă în trei componente (fig. 3.6) :

— componenta orizontală după direcția vîntului, denumită *forță de antrenare* F_a ;

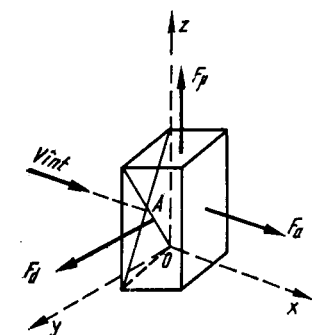


Fig. 3.6. Componentele forței totale rezultante din vînt, exercitate pe o structură de construcție.

răsurnare. Sub acțiunea momentului de răsurnare se dezvoltă în elementele structurii eforturi de echilibrare (fig. 3.7).

Cunoașterea acțiunii vîntului asupra structurilor este complexă și dificilă, căci comportarea lor eoliană rezultă ca efect al interacțiunii dintre trei corpuri cu proprietăți diferite: structura, terenul amplasamentului și vîntul, adică aerul natural în mișcare (fig. 3.8) [25].

Vîntul exercită asupra construcțiilor o acțiune dinamică, dar forțele din vînt pot fi considerate drept forțe statice pentru construcțiile obișnuite, coeficientul dinamic β avînd valoarea unu în expresiile (3.6) și (3.7), cu excepția cazurilor menționate la punctul 3.3.5, cînd oscilațiile elementelor de construcție, produse de acțiunea vîntului, sînt importante și este necesară considerarea caracterului dinamic al presiunii vîntului.

Acțiunea vîntului, care depinde de suprafețele bătute de vînt, sporește odată cu creșterea suprafețelor exterioare și a flexibilității construcției. Analiza acțiunii dinamice asupra clădirilor înalte, deosebit de importante, se face printr-un calcul dinamic.

3.3.4.4. Coeficienții aerodinamici și ai încărcărilor. 3.3.4.4.1. *Coeficienții aerodinamici.* Valorile coeficienților aerodinamici c_n sînt date în STAS 10 101/20-75 pentru scheme de încărcări din vînt a diferitelor categorii de construcții

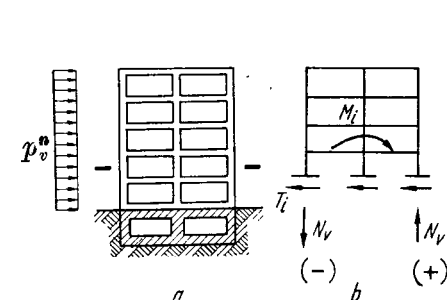


Fig. 3.7. Eforturi în stîlpul unui cadru sub acțiunea momentului de răsurnare, provenit din acțiunea vîntului:
a — schița cadrului; b — echilibrarea momentului de răsurnare în secțiune.

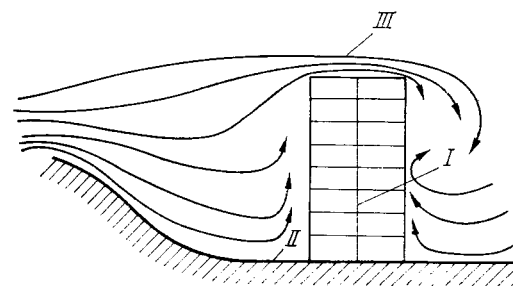


Fig. 3.8. Schema interacțiunii dintre structură, terenul amplasamentului și vînt (aer în mișcare), în cazul acțiunii eoliene:
I — structură; II — terenul (topografie, rugozitate etc.); III — aerul în mișcare, sub formă de vînt.

Coeficientul	H/l α	0	0,5	1	2
	α				
c_{n1}	0°	0	-0,6	-0,7	-0,8
	20°	+0,2	-0,4	-0,7	-0,8
	$\geq 60^\circ$	+0,8	+0,8	+0,8	+0,8
c_{n2}	—	-0,4	-0,4	-0,5	-0,8
Coeficientul	H/l	0	0,5	1	2
	B/l				
c_{n3}	≤ 1	—	-0,4	-0,5	-0,6
	≥ 2	—	0,5	-0,6	-0,6

specificîndu-se valorile pozitive (+) care corespund presiunii și valorile negative (-) care corespund suucțiunii. În general, suprafețele expuse bății vîntului sînt supuse la presiuni, iar cele neexpuse bății vîntului, la suucțiuni.

În tabelul 3.2 se dau valorile coeficienților aerodinamici c_{n1} , c_{n2} și c_{n3} pentru construcții cu forme în plan dreptunghiulare și cu acoperișul în două pante, în funcție de rapoartele H/l ; B/l și unghiul α ; H , B , l și α avînd semnificațiile din figura 3.9. După cum se observă, coeficientul c_{n1} pentru panta acoperișului expusă vîntului capătă valori pozitive sau negative, în funcție de înclinarea acoperișului și de raportul dintre înălțimea construcției și lățimea ei.

3.3.4.4.2. *Coeficienții încărcărilor.* Valorile coeficienților încărcării n pentru verificarea la stările limită ultime, cu excepția stării limită de oboseală, sînt 1,2 și 1,3 pentru construcții curente, respectiv sensibile și 1,4 sau analizate în mod special pentru construcții zvelte, deosebit de înalte și deosebit de expuse, la care dimensionarea este efectiv condiționată de acțiunea vîntului. În calculul la rezonanță și la starea limită a exploatarei normale pentru condiții de scurtă durată se consideră $n = 1$. Valorile de calcul, obținute pe baza presiunii dinamice de bază și a coeficienților încărcărilor, au o perioadă de revenire T_r de 20 ... 50 ani.

3.3.5. RĂSPUNSUL EOLIAN AL CONSTRUCȚIILOR ZVELTE

Puține structuri și anume structurile zvelte, flexibile sînt calculate la acțiunea vîntului cu considerarea efectelor dinamice, adică $\beta \neq 1$, în formulele (3.6) și (3.7). Printre structurile sensibile la acțiunea dinamică a vîntului se menționează clădirile înalte, pilonii, turnurile și antenele zvelte, coșurile de fum și stîlpul liniilor electrice aeriene, aparatele și utilajele în formă de coloană, galeriile de transport, podurile suspendate și acoperișurile pe cabluri etc. care au o perioadă proprie fundamentală de vibrație $T_1 > 0,25$ s; de obicei,

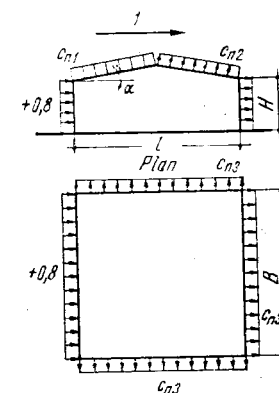


Fig. 3.9. Coeficienții aerodinamici c_{n1} , c_{n2} și c_{n3} pentru o construcție închisă, de formă dreptunghiulară în plan, cu acoperiș în două pante:
I — direcția vîntului.

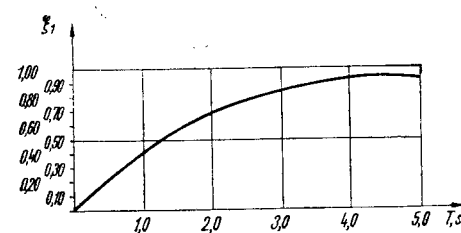


Fig. 3.10. Variația coeficientului ξ_1 cu perioada T a construcției.

Tipul construcției	Coeficientul ξ_2
Structuri metalice	3,3
Structuri din beton precomprimat	2,7
Structuri din beton armat și zidărie	2,4
Clădiri cu structuri metalice	2,4
Clădiri cu structuri din beton armat sau zidărie	1,7

Tabelul 3.3

orice construcție cu înălțimea mai mare de 150 m se calculează la acțiunea dinamică a vântului.

3.3.5.1. Oscilațiile construcțiilor în planul care conține direcția vântului. În acest caz, valoarea coeficientului dinamic β se determină cu ajutorul relației :

$$\beta = 1 + \xi r, \quad (3.11)$$

unde ξ este coeficientul de amplificare, care se stabilește cu relația : $\xi = \xi_1 \xi_2$, în care ξ_1 este dat în figura 3.10, iar ξ_2 , indicat în tabelul 3.3, se determină în funcție de natura materialelor din care sunt alcătuite elementele de construcție, care se deformează în timpul oscilațiilor ;
 r — coeficient de rafală, stabilit în funcție de înălțimea punctului considerat, variind între 0,36 și 0,10 pentru înălțimi de la 10 la 400 m.

3.3.5.2. Oscilațiile construcțiilor în planul normal pe direcția vântului. Posibilitatea de apariție a fenomenului de rezonanță, datorită forțelor periodice aplicate normal pe direcția vântului de vârtejuri alternante produse prin scurgerea aerului în jurul construcției, se analizează în calculul construcțiilor zvelte când $V_{cr} < 25$ m/s.

Perioada vârtejurilor T_k , în [s, pentru o viteză dată a vântului, se calculează cu relația :

$$T_k = \frac{d}{Sv}, \quad (3.12)$$

în care : d este diametrul (lățimea) construcției, în m ;

v — viteza efectivă a vântului, în m/s ;

S — numărul lui Strouhal ; se recomandă $S = 0,20$ sau $S = 0,25$ pentru secțiuni circulare, respectiv pătrate.

Viteza critică a vântului V_{cr} , în m/s, corespunzătoare rezonanței, se determină cu ajutorul relației :

$$V_{cr} = \frac{d}{ST_I}, \quad (3.13)$$

în care T_I este perioada proprie fundamentală, în s.

Intensitatea forțelor statice de derivă P_d , în kN, echivalente forțelor aplicate normal pe direcția vântului, este dată de relația :

$$P_d = 0,16 \beta' g_{cr} d \frac{z}{H} \text{ [kN]}, \quad (3.14)$$

în care : g_{cr} este presiunea dinamică de bază corespunzătoare vitezei critice V_{cr}

adică $g_{cr} = V_{cr}^2 / 1630$, în kN/m² ;

H — înălțimea construcției, în m ;

z — cota deasupra terenului, în m ;

β' — coeficientul dinamic care ține seama de efectul dinamic al vântului, dat de expresia $\beta' = 3,16 / \delta_I$;

δ_I — decrementul logaritm al oscilațiilor proprii fundamentale ale construcției, care se evaluează în funcție de natura materialelor antrenate în procesul de deformare dinamică ; când nu există date precise se pot lua pentru decrementul logaritm valori 0,1 ; 0,2 ; 0,3 sau 0,4 pentru structuri metalice, din beton precomprimat, din beton armat, respectiv din zidărie.

Calculul la rezonanță se face prin gruparea încărcărilor aplicate normale pe direcția vântului P_d , cu încărcările paralele cu direcția vântului P_a , calculate cu ajutorul relației (3.6), în care :

$$V_{conv} = V_{cr}.$$

În acest caz rezultă :

$$P_{din} = \sqrt{P_a^2 + P_d^2}, \quad (3.15)$$

în care P_{din} , în kN, se calculează pe metru vertical sau pe tronsoane din înălțimea construcției zvelte (turn, antenă etc.).

3.3.6. INDICAȚII PRIVIND CALCULUL CONSTRUCȚIILOR LA ACȚIUNEA VÂNTULUI

Pentru construcțiile zvelte sau în cazurile în care stabilitatea construcției depinde direct de acțiunea vântului, se analizează încadrarea acțiunii vântului la intensități cvasipermanente sau frecvent întâlnite.

În analiza fenomenelor de răsturnare (verificare la stabilitate) și de instabilitate a formei se combină efectele vântului cu ale celorlalte acțiuni (gravitaționale, utile etc.) și se apreciază valoarea presiunii dinamice de bază.

Construcțiile cu deschideri mari (hale, hangare) trebuie calculate ținându-se seama de presiunea sau sucțiunea interioară, datorită vântului, repartizată pe toate fețele. Se consideră presiuni (+) pe fețele perpendiculare direcției de pătrundere a vântului prin deschideri și sucțiuni (—) pe fețele paralele cu direcția vântului. Valoarea presiunii sau sucțiunii interioare se ia $\pm 0,2 g_v$ pentru pereții și acoperișurile cu permeabilitate normală și $\pm 0,5 g_v$ pentru cei cu goluri mai mari de 15 % din suprafața respectivă. Presiunea sau sucțiunea efectivă de calcul este dată de rezultanta presiunilor sau sucțiunilor exterioare și interioare (fig. 3.11).

Prinderile acoperișurilor la streșină și coamă, vârful calcanelor sau colțurile clădirilor sînt supuse la sucțiuni ; calculul se face pentru o valoare a sucțiunii de $2 g_v$ aplicată pe o porțiune de acoperiș de 0,5 m de o parte și de alta a muchiei respective.

La acoperișuri cu pante mai mici de 40° pot acționa simultan încărcările date de vînt și zăpadă. La pante mai mari nu se poate realiza simultaneitatea încărcărilor date de vînt și zăpadă, decît atunci cînd este posibilă o aglomerare

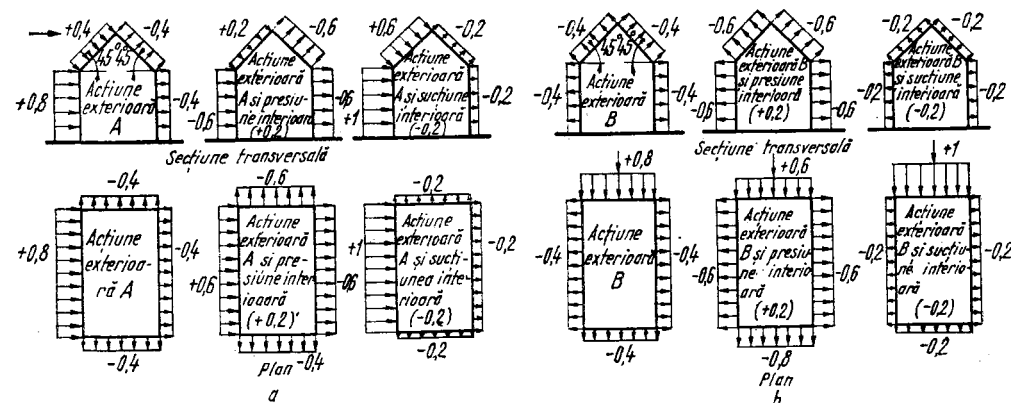


Fig. 3.11. Presiunile sau suptiunile efective de calcul, date de rezultanta presiunilor sau suptiunilor interioare și exterioare.

de zăpadă prin alăturarea mai multor acoperișuri sau datorită formei speciale a acestora.

La clădirile închise se consideră acțiunea vântului și asupra pereților interiori, luând ca presiuni totale, rezultante ale efectelor pe ambele fețe, valori de $\pm 0,4 g_z$ și de $\pm 0,2 g_z$ pentru pereții care separă complet, respectiv incomplet spațiul interior.

3.4. ÎNCĂRCĂRI DATE DE ZĂPADĂ

3.4.1. ZĂPADĂ, ELEMENT CLIMATIC ÎN ȚARA NOASTRĂ

Grosimea medie anuală a stratului de zăpadă este diferită pe regiuni, de la 31,4 până la 118,0 cm; după observațiile din perioada 1926...1955 grosimea medie a zăpezii a fost de 70 cm. Importante sînt grosimile maxime, care în cazul zăpezii cresc odată cu durata ciclului de observație. La noi în țară, grosimile maxime absolute se obțin în ierni excepționale, care se produc după un ciclu de circa 11 ani: 1916...1917, 1928...1929, 1941...1942, 1953...1954.

În special iarna din luna februarie 1954 a fost de o intensitate și durată nemaiîntilnită în ultimul secol în țara noastră, din punctul de vedere al cantității de zăpadă căzută, mai ales în jumătatea de sud a țării. Grosimea

stratului de zăpadă a variat între 106 cm la București-Băneasa și 151...153 cm la Calafat-Făurei, ajungînd un maximum excepțional de 173 cm la Călărași. În locurile în care zăpada a fost troienită s-a ajuns la grosimi de cîțiva metri înălțime. În aceeași iarnă, viscolul din Bărăgan a atins viteza de 25...35 m/s, iar temperatura a scăzut pînă la -33°C . În figura 3.12 este arătată frecvența grosimilor maxime absolute pe țară ale stratului de zăpadă, pe perioada 1929...1955. Durata stratului de zăpadă variază între 30

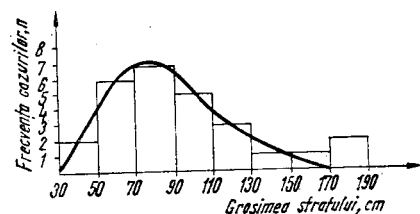


Fig. 3.12. Frecvența grosimilor maxime absolute pe țară ale stratului de zăpadă, pe perioada anilor 1929...1955.

și 50 de zile, ajungînd în regiunile muntoase la mai mult de 100 de zile și pe culmile munților la peste 200 de zile.

Densitatea zăpezii la -10°C oscilează în jur de 100 kg/m^3 , dacă este nou căzută; zăpezile vechi suprapuse ajung pînă la $180...350 \text{ kg/m}^3$.

3.4.2. ACȚIUNEA ZĂPEZII ASUPRA CONSTRUCȚIILOR

Intensitatea normată a încărcării dată de zăpadă, în kN/m^2 , într-un punct al suprafeței expuse a elementului de construcție se determină cu ajutorul relației:

$$p_z^n = c_z g_z, \quad (3.16)$$

în care: g_z este greutatea de referință a stratului de zăpadă, determinată pe baza distribuției statistice a greutateților extreme anuale la nivelul terenului plat;

c_z — coeficientul de formă al suprafeței construcției expusă zăpezii.

Teritoriul țării noastre este împărțit în patru zone geografice (A, B, C, D) pentru altitudini pînă la 600 m deasupra mării, cu $g_z = 0,5$; $0,7$ și $1,0 \text{ kN/m}^2$ și o zonă E, cu altitudini H depășind 600 m pentru care:

$$g_z = 0,7 + 0,0015 (H - 600). \quad (3.17)$$

Greutatea g_z a stratului de zăpadă la nivelul terenului poate fi sporită în funcție de condițiile locale (în văi și în alte zone cu aglomerare posibilă de zăpadă), considerînd grosimile reale măsurate și greutatea specifică a zăpezii egală cu $2,5 \text{ kN/m}^3$.

Valorile coeficienților c_z se determină conform schemelor din STAS 10 101/21-75 „Încărcări date de zăpadă”, în care se consideră pe lîngă zăpada proaspătă, efectul topirii parțiale și aglomerărilor datorite vîntului și se indică majorarea și reducerea valorii lui g_z în anumite cazuri (fig. 3.13).

În figura 3.14 se arată schemele de încărcări pentru acoperișuri multiple, unde este posibilă aglomerarea zăpezii. La clădirile cu acoperișuri cu mai multe niveluri, acoperișul inferior poate fi supus la un spor de încărcare cu zăpadă, din cauza căderii zăpezii de pe acoperișul superior, ceea ce se evaluează de la caz la caz. În același STAS sînt indicați coeficienții încărcărilor pentru diferitele stări limită, care pentru stările limită ultime, cu excepția stării limită de oboseală, capătă valorile,

— pentru zonele A, B, C:

$$n = 1,1 + 0,8 \frac{g_z}{g_1}, \text{ cu condiția } 1,4 \leq n \leq 1,6; \quad (3.18)$$

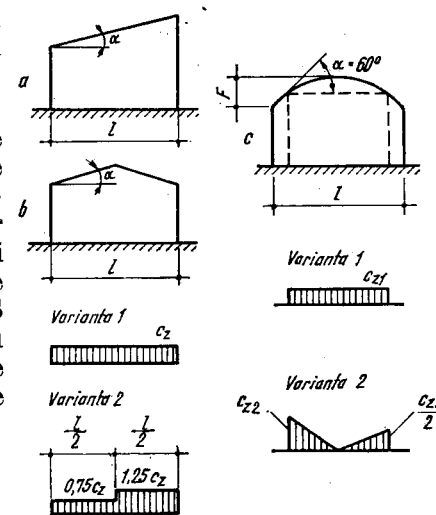


Fig. 3.13. Scheme de încărcări cu zăpadă pentru acoperișuri: a — cu o pantă; b — cu două pante; c — curb.

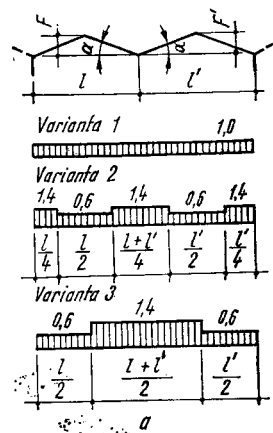


Fig. 3.14. Scheme de încărcări cu zăpadă și valorile coeficienților c_z , pentru acoperișuri multiple; a - acoperișuri plane; b - acoperișuri curbe.

În acest caz, valorile de calcul au în medie o perioadă de revenire $T_r = 50$ ani, pentru acoperișurile ușoare.

3.5. ÎNCĂRCĂRI DATE DE TEMPERATURA EXTERIOARĂ

Variațiile dimensionale (de lungime) din temperatură se exprimă în funcție de diferența de temperatură, ΔT :

$$\Delta l = l \alpha_t \Delta T, \quad (3.20)$$

unde α_t este coeficientul de dilatare liniară, în cm/cm, °C.

Cînd variațiile dimensionale sînt împiedicate, ca în cazul structurilor static nedeterminate, se pot dezvolta tensiuni importante $\sigma_t = E \alpha_t \Delta T$, independente de geometria elementului de construcție. Deci, acțiunea variațiilor de temperatură se manifestă sub forma unor deformații impuse ale elementelor de construcție, prin împiedicarea deformării libere ca efect al variației de temperatură. Astfel, construcțiile sînt prevăzute cu *rosturi de dilatare*, pentru reducerea efectelor variațiilor de temperatură. La construcțiile metalice, variațiile în lungime pot fi deosebit de mari, în lipsa rosturilor (fig. 3.15).

Metoda simplificată de calcul, utilizată cînd efectul acțiunii exterioare nu are o importanță deosebită pentru dimensionarea construcțiilor, consideră:

— temperaturile exterioare normate (presupuse a coincide cu temperaturile uniform distribuite dezvoltate în elementele de construcție) cele din tabelul 3.4; se neglijează deformațiile din diferența de temperatură la fețele secțiunilor $\delta_{t(+)}$ și $\delta_{t(-)}$;

— temperaturile inițiale, $t_{0(+)}$ și $t_{0(-)}$, stabilite ținînd seama de condițiile de temperatură în perioada încheierii construcției;

— pentru zona D:

$$n = 1,1 + 1,5 \frac{g_z}{g_t}, \text{ cu condiția}$$

$$1,6 \leq n \leq 2,00, \quad (3.19)$$

unde:

g_z este intensitatea normată a încărcării din zăpadă, în kN/m²;

g_t — încărcarea totală, considerată distribuită uniform (valoare normată), care acționează pe direcția verticală asupra elementului de acoperiș.

Tabelul 3.4

Tipul construcției	Temperatura maximă	Temperatura minimă
Construcții metalice neînglobate în elemente masive	+40°C	-30°C
Construcții de zidărie, beton sau beton armat	+30°C	-20°C

— variațiile de temperaturi normate:

$$\Delta t_{t(+)}^n = t_{t(+)}^n - t_{0(-)}; \quad (3.21)$$

$$\Delta t_{t(-)}^n = t_{t(-)}^n - t_{0(+)}, \quad (3.22)$$

care nu vor depăși valorile: $\pm 40^\circ\text{C}$ pentru construcții metalice neînglobate în elemente masive și $\pm 30^\circ\text{C}$ pentru construcții de zidărie, beton și beton armat.

Valorile de calcul se determină cu ajutorul coeficienților încărcării, diferiți după starea limită (0,6...1,2) și se iau drept valori rar întîlnite pentru verificarea la stările limită ultime, care consideră și acțiunea temperaturii exterioare.

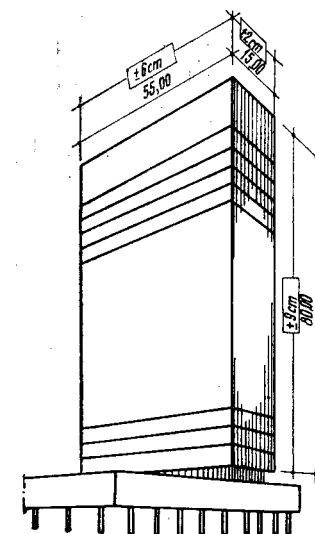
În STAS 10 101/23-75, „Încărcări date de temperatura exterioară” sînt cuprinse indicații complete privind determinarea variației temperaturilor medii ale secțiunilor $\Delta t_{t(+)}$, $\Delta t_{t(-)}$ și a diferențelor de temperatură la fețele secțiunilor $\delta_{t(+)}$, $\delta_{t(-)}$ în sezonul calduros, luna iulie, respectiv cel friguros, luna ianuarie, pentru elementele de construcție alcătuite dintr-un singur strat sau din mai multe straturi, în cadrul unei metode exacte pentru evaluarea efectelor temperaturii exterioare (valori normate), inclusiv toate elementele necesare pentru calcul.

3.6. ACȚIUNI SEISMICE

3.6.1. METODE DE CALCULUL CONSTRUCȚIILOR LA ÎNCĂRCĂRI SEISMICE

Cutremurul dă naștere la mișcarea oscilatorie a pămîntului, care provoacă în toate punctele unei construcții situate într-o zonă seismică forțe de inerție, dirijate după direcții oarecare, reprezentînd încărcările seismice. Componentele verticale ale acestor încărcări seismice sînt, în general, mici și pot fi preluate fără greutate de construcțiile obișnuite. Componentele orizontale ale încărcărilor seismice provoacă însă elementelor portante eforturi mari cu o distribuție total diferită de cea dată de încărcările curente (permanente, utile etc.).

Pînă nu de mult construcțiile au fost calculate la încărcări seismice pe baza calculului convențional, static. În acest calcul se admitea că accelerațiile tuturor punctelor construcției au o valoare medie a_i , depinzînd numai de cutre-



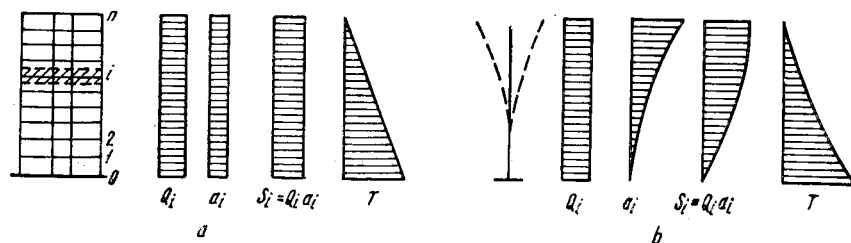


Fig. 3.16. Determinarea acțiunilor seismice :
a - prin calculul static; b - prin calculul evisidynamic.

mur, neglijându-se deci oscilațiile construcțiilor. Încărcările seismice se calculează cu formula :

$$S_i = \frac{Q_i}{g} a_i = c Q_i, \quad (3.23)$$

în care Q_i este încărcarea totală verticală a nivelului i .

Se consideră deci că axa mediană a construcției rămâne dreaptă în timpul mișcării, indiferent de oscilațiile sale, adică indiferent de rigiditatea sa laterală (fig. 3.16, a).

În ultimul timp, atât în normele din alte țări, cât și în cele din țara noastră s-a introdus calculul evisidynamic al construcțiilor la încărcări seismice, care ține seama că modul de comportare la cutremur al unei construcții depinde în primul rând de caracteristicile dinamice ale construcției respective, de perioada sa proprie de vibrație T și de factorii de amortizare și apoi de caracterul mișcării pământului în timpul cutremurelor și în sfârșit, de natura pământului de fundație și de interacțiunea teren-construcție (fig. 3.16, b). Calculul evisidynamic este prevăzut în normativul P 13—70, „Normativ pentru calculul construcțiilor la încărcări seismice”. Analiza dinamică se folosește pentru construcții deosebit de importante, solicitate seismic.

3.6.2. GRADUL DE SEISMICITATE DE CALCUL AL CONSTRUCȚIILOR

Gradul de seismicitate de calcul pentru construcții se determină conform normativului P13—70 pe baza :

- gradului de seismicitate al zonei în care este amplasată construcția, dat în harta de macro- și microraraionare seismică :
- clasei de importanță a construcției.

3.6.3. DETERMINAREA ÎNCĂRCĂRILOR SEISMICE

3.6.3.1. Direcțiile încărcărilor seismice. Încărcările seismice se consideră în mod convențional în calculul construcțiilor ca forțe aplicate static, însă coeficienții care intră în formulele de calcul ale încărcărilor se determină pe baza unui calcul dinamic.

Încărcările seismice și distribuția lor pe înălțimea construcției, pentru clădiri civile curente se determină în mod aproximativ, pe baza indicațiilor practice din normativul P 13—70.

Structura principală de rezistență a construcțiilor se verifică la încărcări seismice acționând orizontal, după orice direcție, cu următoarele simplificări :

- când elementele portante verticale sînt dispuse după două direcții ortogonale, se iau în considerație aceste direcții ;

- la celelalte construcții se admite a se lua în considerație numai direcțiile axelor principale de rigiditate ale ansamblului structurii de rezistență.

În cazuri speciale, elementele structurii principale de rezistență se verifică și la încărcări seismice acționând vertical.

La verificarea reazemelor și ancorajelor se consideră ipotezele cu încărcări seismice acționând vertical și orizontal.

3.6.3.2. Determinarea încărcării seismice orizontale. Forța seismică totală orizontală S_r , care acționează asupra construcției (forța tăietoare la baza construcției) se calculează cu formula :

$$S_r = c_r Q = K_s \varepsilon_r \beta_r \psi Q \quad (3.24)$$

unde : c_r este coeficientul de seismicitate calculat cu formula : $c_r = K_s \varepsilon_r \beta_r \psi$ și se ia cel puțin egal cu 0,02 ;

K_s — coeficientul care ține seama de caracteristicile seismice ale zonei unde este amplasată construcția, avînd în mod curent valori cuprinse între 0,03 și 0,12 ;

ε_r — coeficientul de echivalență al sistemului real cu mai multe grade de libertate cu un sistem convențional de calcul, cu un singur grad de libertate ;

β_r — coeficientul care ține seama de caracteristicile dinamice ale construcției, considerată ca un sistem convențional cu un singur grad de libertate și care depinde de perioada de vibrație proprie T a acestui sistem pentru modul de vibrație la care se face calculul și de natura terenului de fundație (fig. 3. 17) ;

ψ — coeficient ce exprimă efectul amortizării vibrațiilor produse de încărcările seismice și ductilitatea (capacitatea de deformare în domeniul plastic) ținînd seama de natura materialelor și felul structurii ;

$Q = \sum_1^n Q_k$ — rezultanta încărcărilor gravitaționale Q_k , pentru toate nivelurile k ale construcției, determinată prin multiplicarea încărcărilor gravitaționale normate cu coeficienți de grupare.

Valoarea coeficientului ε_r se determină cu formula :

$$\varepsilon_r = \frac{\left[\sum_1^n Q_k U_{kr} \right]^2}{\sum_1^n Q_k \left[\sum_1^n Q_k U_{kr}^2 \right]}, \quad (3.25)$$

unde U_{kr} este deplasarea orizontală a axei structurii pe direcția de acțiune a încărcărilor seismice, la nivelul k , după modul r de vibrație la care se face calculul (fig. 3.18).

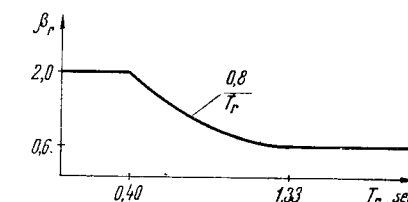


Fig. 3.17. Variația coeficientului dinamic β_r cu perioada de vibrație proprie, T_r .

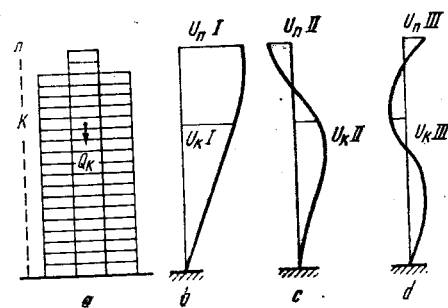


Fig. 3.18. Alura deformatiei clădirii pentru diverse moduri de vibrație:

a — schema structurii cu notarea nivelurilor; b — alura deformatiei clădirii pentru modul I de vibrație; c — alura deformatiei clădirii pentru modul II de vibrație; d — alura deformatiei clădirii pentru modul III de vibrație.

Pentru clădirile civile curente, forma deformatiei axului structurii se determină în mod aproximativ pe baza indicațiilor din normativul P 13—70. Pentru clădirile civile importante este necesar a se face un calcul dinamic pentru determinarea perioadei de vibrație proprie a construcțiilor, deplasările stabilindu-se pe baza metodelor obișnuite ale dinamicii.

3.6.3.3. Distribuția încărcării seismice orizontale S pe înălțimea construcției. Încărcarea seismică orizontală totală S_r se repartizează pe înălțimea construcției, la diferite niveluri, după formula:

$$S_{kr} = S_r \frac{Q_k U_{kr}}{\sum_1^n Q_k U_{kr}} \quad (3.26)$$

Încărcările seismice orizontale de nivel S_{kr} se pot determina și direct cu formula (fig. 3.18):

$$S_{kr} = c_k Q_k = K_s \beta_r \psi \gamma_{kr} Q_k \quad (3.27)$$

în care s-a notat prin γ_{kr} coeficientul de formă:

$$\gamma_{kr} = \frac{\sum_1^n Q_k U_{kr}}{\sum_1^n Q_k U_{kr}^2} U_{kr} \quad (3.28)$$

În acest caz trebuie făcută verificarea condiției:

$$S_I = \sum_1^n S_{kI} \geq 0,02 Q. \quad (3.29)$$

Deoarece formulele (3.26) și (3.27) sînt echivalente, între coeficienții ε_r și γ_{kr} există relația:

$$\varepsilon_r = \frac{\sum_1^n Q_k U_{kr}}{Q U_{kr}} \gamma_{kr} \quad (3.30)$$

Pentru clădirile civile de tip curent, calculul încărcărilor seismice orizontale se efectuează numai pentru modul I (fundamental) de vibrație proprie a construcției.

3.6.3.4. Determinarea încărcărilor seismice verticale. Verificarea construcțiilor la încărcări seismice verticale este necesară pentru elementele portante importante ale structurii de rezistență, ca de exemplu consolele ce acoperă tribunele, structurile suspendate, consolele cu încărcări mari, grinzile ce susțin stîlpii etc. Efectul încărcărilor seismice verticale se ia în considerație prin sporirea încărcărilor gravitaționale de calcul.

3.6.3.5. Determinarea încărcărilor seismice pentru elementele care nu fac parte din structura principală de rezistență. Pentru elementele de construcție care nu fac parte din structura principală de rezistență, încărcările seismice se determină cu relația:

$$S = c Q \quad (3.31)$$

unde c este coeficientul de seismicitate global;

Q — greutatea elementului afectată de coeficientul încărcării egal cu 1.

3.7. ALTE ACȚIUNI ÎN CONSTRUCȚII

3.7.1. VARIATII DIMENSIONALE ȘI MIȘCĂRI DIFERENȚIALE ALE ELEMENTELOR DE CONSTRUCȚIE

Pe lângă variațiile dimensionale din diferențele de temperatură (dilatarea sau scurtarea termică), ale căror efecte neplăcute sînt evitate, în general, prin utilizarea rosturilor de dilatație, în construcții se întîlnesc și alte deformații impuse, cum sînt cele datorate încărcărilor de durată, tasărilor fundațiilor sau umidității (pierdere sau sporire de umiditate).

Variațiile dimensionale din umiditate sînt foarte diferite și pot fi deosebit de importante, mai ales în cazul anumitor materiale: pietre, betoane grele și ușoare, produse ceramice arse supuse la variații dimensionale cu atît mai sensibile cu cît sînt mai poroase; materialele plastice cu variații considerabile; lemnul cu dilatare puternică perpendicular pe fibre și mult mai mică în sensul fibrelor. La stabilirea deformațiilor impuse din variațiile de umiditate, trebuie să se țină seama că materialele de construcții au grade diferite de umiditate, în timpul execuției și în exploatare și trebuie să se deosebească contracțiile și umflările, care însoțesc fenomene fizico-chimice și care sînt ireversibile, de simplele variații dimensionale datorate higrotermiei.

De asemenea, trebuie să se țină seamă la proiectarea construcțiilor și de variațiile dimensionale din încărcările de durată, la care sînt supuse elementele de construcție, cum sînt cele din fluaj sau curgere lentă. Deformațiile din curgerea lentă se dezvoltă sub încărcările permanente în cazul materialelor viscoase-elastice. Toate materialele obișnuite de construcții manifestă curgere lentă (betonul, produsele ceramice, lemnul). Curgerea lentă este importantă pentru variațiile de lungă durată și în cunoașterea stării de tensiuni în elementele compuse din materiale cu proprietăți diferite de curgere lentă.

Unele accidente recente ale construcțiilor și mai ales ale celor din elemente prefabricate, cum este dezastrul de la Ronan-Point din Londra, cind o explozie de gaz la al 18-lea planșeu a provocat prăbușirea progresivă pînă la teren a unui colț dintr-un bloc înalt de 22 niveluri, realizat din panouri mari, a atras atenția asupra acțiunilor accidentale de natura exploziei de gaz. Alte acțiuni accidentale pot fi exploziile din petrol, impactul vehiculelor, alunecarea terenului de fundație, cedarea fundației, defecte ale materialelor și de execuție etc., care pot provoca degradări ale construcțiilor. În cazul exploziilor poate avea loc *prăbușirea progresivă* (progressive collapse) definită prin dezvoltarea degradării locale, care se poate produce sub efectul direct al acțiunii accidentale și la alte părți ale structurii îndepărtate de locul (punctul) inițial al degradării, cu probabilitatea de a afecta întreaga stabilitate a structurii.

Este necesar ca riscul unei prăbușiri progresive să fie îndepărtat, prin măsuri constructive, care să reducă la minimum, restringind degradările locale, provocate de acțiunile accidentale. Aceasta mai ales în cazul structurilor care folosesc elemente prefabricate și care sînt mai sensibile la aceste acțiuni accidentale, dacă elementele verticale și orizontale ale structurii spațiale n-au fost suficient solidarizate între ele, cum este cazul clădirilor din panouri mari de beton armat, numite de către constructorul spaniol T o r r o j a *castele din cutii de chibrituri* sau *clădiri din cărți de joc*. Structurile se proiectează astfel ca, în cazul cind o porțiune dintr-un element oarecare de rezistență este scoasă din funcțiune, să se poată limita și localiza prăbușirea în continuare a structurii la nivelul din care face parte această porțiune, adică cel mult la nivelurile vecine, adiacente, superior sau inferior care există. Prin *porțiunea elementului de rezistență* se înțelege acea parte (perete, de exemplu) care este situată lingă sau acoperă deschiderea dintre reazemele alăturate, adiacente sau dintre un reazem și extremitatea elementului.

Intensitatea acțiunilor accidentale se stabilește cu ajutorul statisticii matematice, eventual la început în mod determinist. Presiunea maximă a exploziei de gaz, la care se apreciază că trebuie să reziste pereții portanți de zidărie ai clădirilor cu cinci sau mai multe niveluri se consideră în calcule egale cu 0,0345 N/mm² (5 lb/in²), după recomandările normelor engleze. Măsurătorile au arătat o mare împrăștiere a valorilor presiunilor, în funcție de natura și structura peretelui: presiunea de 0,689 N/mm² sau 100 lb/in² este întilnită rareori în cazul unui apartament închis, iar presiunile obișnuite întilnite în practică sînt cu mult mai mici, mai ales în cazul pereților exteriori cu ferestre sau uși-ferestre (presiuni de 0,007 N/mm² sau 1,00 lb/in²).

Alte acțiuni accidentale asupra construcțiilor se dezvoltă în urma exploziilor exterioare construcțiilor, care cuprind atît mișcările vibratorii ale terenului în cazul exploziilor subterane, cît și variațiile presiunii aerului datorate exploziilor aeriene, provocate de activitatea omenească. Efectele exploziei subterane pot fi considerate ca excitații seismice. Exploziile aeriene de deasupra terenului sînt urmate de unde de presiune ale căror caracteristici se pot aprecia, astfel că efectele lor asupra structurilor pot fi studiate cu ajutorul dinamicii construcțiilor.

Acțiunile accidentale pot fi provocate și de către explozii de bombe, lovirea avioanelor de clădirile înalte etc.

COORDONAREA MODULARĂ ȘI TOLERANȚELE ÎN CONSTRUCȚII

4.1. INTRODUCERE. SCURT ISTORIC

În întreaga istorie a construcțiilor, chiar din antichitate, arhitecții și constructorii au realizat clădiri monumentale, adevărate opere de artă prin proporționarea armonioasă, estetică și rațională a diferitelor elemente și părți componente de construcție, între ele și în ansamblu, folosind ingenioase rapoarte bine alese și prin corelarea dimensiunilor construcției în ansamblu și a elementelor sale independente, componente, pentru asigurarea asamblării lor în construcție, ca o entitate. Încă în antichitate, proiectarea construcțiilor mai importante s-a făcut cu ajutorul unui modul și a unor relații prestabilite între dimensiuni, adunate pentru prima oară de Vitruviu, care a descoperit canonul razei secțiunii de la baza coloanei, folosit la construirea templelor antice grecești. S-au folosit, de asemenea, unele relații proporționale, bazate pe pătrate și pe dreptunghiuri cu lățime constantă și lungimi egale cu diagonalele dreptunghiului precedent (fig. 4.1) și în special așa-numita *secțiune de aur* (1 : 1,62 sau 5 : 8 = 1,6).

Asemenea proporții și rapoarte sînt cuprinse în lucrările a numeroși arhitecți-constructori (Vitruviu, Palladio, Scamozzi, Blondel, Thiersch, Violet le Duc, Le Corbusier și alții).

Existau însă în diferite țări numeroase unități de măsură pentru dimensiunile în construcții (numai în Germania existau circa 600 asemenea unități diferite), lipsind un sistem unitar de măsură pentru dimensiuni.

De-abia în 1791, Academia franceză a propus *metrul*, care din anul 1800 reprezintă unitatea de măsură a lungimilor, acceptată internațional.

Astăzi, industrializarea construcțiilor se bazează pe tipizarea și standardizarea elementelor de construcții identice, fabricate pe cale industrială, în serii mari. Asamblarea prefabricatelor este posibilă numai dacă dimensiunile lor sînt corelate; de aceea, dimensiunile construcțiilor, ale elementelor, părților și detaliilor de construcție, ale fabricatelor, prefabricatelor și materialelor de construcție se stabilesc în prezent pe baza sistemului modular unic (coordonării modulare) și a toleranțelor în construcții.

Proiectarea construcțiilor unicate, reconstituite sau ale unor părți de construcții (curbe, oblice, în unghi etc.) se face fără aplicarea regulilor de coordonare modulară.

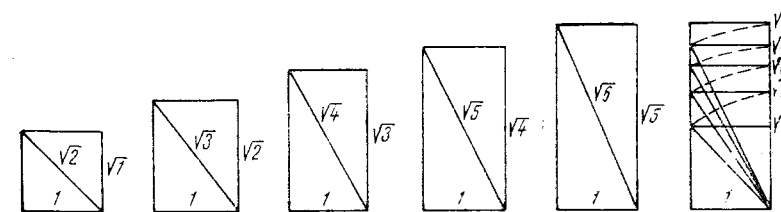


Fig. 4.1. Relații proporționale între dimensiunile pătratului sau dreptunghiului folosite în arhitectura antică.

4.2. COORDONAREA MODULARĂ. DEFINIȚII ȘI TERMINOLOGIE

Prin *coordonare modulară* se înțelege coordonarea dimensională după anumite reguli, pe baza unui modul. *Coordonarea dimensională* reprezintă metoda de stabilire a dimensiunilor și pozițiilor reciproce ale fabricatelor, elementelor și subansamblurilor de construcție, astfel ca acestea să se integreze în construcție ca un tot, cu minimum de ajustări și să permită înlocuirea lor cu altele, de natură diferită, fără a fi necesară modificarea planurilor respective.

Sistemul modular unic este definit ca totalitatea regulilor de *coordonare reciprocă* între dimensiunile elementelor arhitectonice de volum și de distribuție interioară în plan ale clădirilor și construcțiilor (o încăpere, un etaj, o secție, casa scării etc.), precum și între dimensiunile elementelor și părților de construcție (pereți, planșee, acoperișuri, rampe de scări, goluri de uși și ferestre etc.), ale fabricatelor, utilajelor și instalațiilor, pe baza modulului de bază egal cu 100 mm, care reprezintă baza pentru tipizare și standardizare în construcții.

Modulul de bază M_0 reprezintă modulul a cărui valoare a fost aleasă convențional în vederea realizării coordonării modulare. Valoarea modulului de bază trebuie să facă parte din sistemul metric, să fie aceeași pentru dimensiunile clădirilor în plan orizontal și pe verticală, pentru lucrările subterane, de roșu și de finisaj, trebuie să fie universală, adică să se poată folosi la stabilirea dimensiunilor clădirilor, părților și elementelor de construcții și a tuturor materialelor, prefabricatelor, detaliilor, a gabaritelor și instalațiilor cu utilizare largă (generală) în construcții (cărămizi, blocuri, fișii prefabricate pentru planșee, panouri mari, elemente prefabricate, cazane de încălzire centrală, boilere etc.). Pentru modulul de bază, în majoritatea țărilor s-a ales valoarea de 10 cm (sistem modular decimetric, $10 = 100/10$) care a fost adoptat în ultimul timp de I.S.O. (Organizația Internațională de Standardizare) și de C.I.B. (Consiliul Internațional al Clădirilor).

S-a folosit și se mai folosește încă, în unele țări, modulul de bază egal cu 12,5 cm (sistem modular octometric, $12,5 = 100/8$).

În țara noastră, s-a standardizat modulul de bază de 10 cm. Totuși, se mai folosește și modulul de bază de 12,5 cm în cazul elementelor de construcție din cărămidă cu lungimea nominală de 25 cm.

Modulul M reprezintă o mărime convențională, specifică pentru o anumită clădire sau parte din clădire, element, echipament (utilaje, instalații) sau prefabricate de construcții, cu ajutorul căruia se realizează coordonarea modulară, se determină pozițiile dimensionale și se stabilește valoarea de creștere minimă a dimensiunilor (gradația între două dimensiuni învecinate). În funcție de mărimea dimensiunilor la care se realizează modularea, *modulul* reprezintă un *multiplu al modulului de bază* (la travei, deschideri, lungimi și lățimi de construcții, lungimi de grinzi, înălțimi de niveluri, dimensiunile panourilor mari etc.), poate fi *egal cu modulul de bază* (în cazul dimensiunilor mici sau în cazul în care creșterea dimensiunii se poate face pe baza modulului de bază, cum ar fi cazul încăperilor clădirilor de locuit executate din zidărie) sau *submultiplu al modulului de bază* (la dimensiuni foarte mici, de exemplu, în cazul detaliilor de construcții).

Modulele mărite, multiplii ai modulului de bază, se pot exprima sub forma $M = nM_0$, unde n este un număr natural, iar $M_0 = 10$ cm. Din șirul de module mărite s-au păstrat numai modulele legate de folosirea lor largă în practica construcțiilor civile ($n = 2; 3; 6; 12; 15; 18; 30; 60$). *Modulele fracționate*,

submultiplii ai modulului de bază, se pot exprima sub forma $M = M_0/n$ ($M_0 = 10$ cm, $n = 2; 5; 10; 20; 50; 100$).

Ca module derivate, multiple și submultiple, recomandate în intervalul 0...30, cu un total de 130 dimensiuni, se pot menționa: $60 M_0$, $30 M_0$ și $15 M_0$ (19 dimensiuni); $12 M_0$ și $6 M_0$ (27 dimensiuni); $3 M_0$, $2 M_0$ și M_0 (42 dimensiuni) și $1/2 M_0$, $1/5 M_0$, $1/10 M_0$ (42 dimensiuni). Pe verticală se folosesc ca gradație modulară $3 M_0$ și modulele mărite $12 M_0$... $36 M_0$. Există un număr restrâns de dimensiuni preferențiale, cu cea mai largă utilizare în practică, corespunzătoare celor mai frecvente și raționale mărimi din construcții.

Totuși, nu toate elementele de construcție pot respecta întru totul coordonarea modulară, ca de exemplu, grosimile de pereți și planșee pentru care există indicații speciale.

4.3. DIMENSIUNI ÎN SISTEMUL MODULAR UNIC

Sistemul de referință modular este un sistem de plane perpendiculare care împarte volumul clădirii în cuburi a căror latură este egală sau multiplu al modulului (modulul adoptat pentru clădirea respectivă, fig. 4.2). Planele sistemului de referință modular se numesc *plane modulare* (de referință) și constituie repere de distribuție a materialelor, elementelor și subansamblurilor de construcție pentru a forma un tot constructiv. La intersecția planurilor modulare se găsesc *limite modulare* (de referință), care formează *rețeaua modulară* și servesc pentru coordonarea dimensiunilor elementelor arhitectonice de volum și de distribuție în plan cu dimensiunile sistemului constructiv al clădirii, ale elementelor de construcție portante, despărțitoare și de legătură pe verticală. Axele modulare coincid cu axele de trasare ale construcției.

Dimensiunea modulară este dimensiunea multiplu întreg al unui modul.

Dimensiunea nominală se referă la dimensiunea elementelor de construcții, este egală cu dimensiunea modulară și reprezintă dimensiunea teoretică din proiectul tehnic, între axele de trasare ale clădirii, care coincid cu axele din rețeaua modulară.

Dimensiunea modulată este dimensiunea unui element de construcție sau material, care se assemblează cu altul, aleasă astfel încât prin alăturarea acestora într-un anumit fel și ținând seama de dimensiunea rosturilor să rezulte o dimensiune modulară. Aceasta reprezintă *dimensiunea de execuție* sau *de fabricație* (dimensiunea constructivă) la care se iau în considerare toleranțele admisibile prevăzute în normele de fabricație sau în proiectele tip.

În figurile 4.3 și 4.4 se prezintă două exemple de cotare a dimensiunilor modulare (nominale) și modulate (constructive) pentru zidăria de cărămidă, respectiv pentru un planșeu realizat din elemente prefabricate.

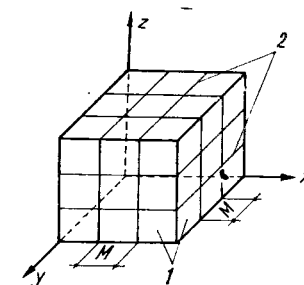


Fig. 4.2. Sistem de referință modular :

1 - plane modulare de referință; 2 - axe modulare de referință; M - modul.

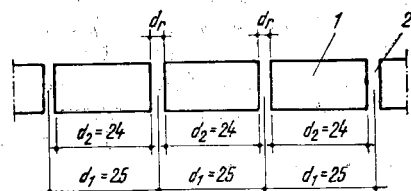


Fig. 4.3. Dimensiuni nominale (d_1) și de execuție (d_2) pentru zidăria de cărămidă :
1 - cărămidă; 2 - rost; d_r - dimensiunea rostului.

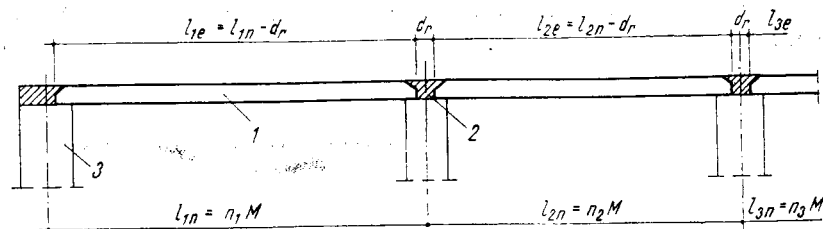


Fig. 4.4. Dimensiunile (lungimile) nominale (modulare) (l_{1n}, l_{2n}, l_{3n}) și de execuție (modulate) (l_{1e}, l_{2e}, l_{3e}) ale fișilor prefabricate pentru planșee :
1 - fișie; 2 - rost de îmbinare (monolitizare); 3 - perete; M - modul; n_1, n_2, n_3 - numere naturale.

4.4. STABILIREA DIMENSIUNILOR CLĂDIRILOR ȘI ELEMENTELOR MODULATE.

REGULI PENTRU AMPLASAREA AXELOR DE TRASARE ALE CLĂDIRILOR

4.4.1. REGULI GENERALE

Se recomandă ca toate dimensiunile construcțiilor sau părților de construcție, care se dimensionează reciproc, să fie modulate. Când nu este posibilă o coordonare reciprocă completă a dimensiunilor elementelor de construcție, a clădirilor și a produselor folosite de industrie, această necoordonare în dimensiuni se poate compensa în mod excepțional pe șantier, prin adaosuri sau ajustări, care pot fi executate, după nevoie, ca o completare a sortimentului de piese.

Ca o grupare simplificată a dimensiunilor modulate în construcții, se poate menționa :

- grupa I, *dimensiuni mari* pentru : travei, deschideri, lungimi, lățimi de construcție, distanțe între axele modulare de trasare etc., precum și dimensiunile mari ale unor elemente de construcții (lungimi de grinzi principale, rigle, arce, ferme etc.);
- grupa a II-a, *dimensiuni mijlocii* pentru : înălțimea nivelurilor clădirilor și a elementelor de construcții corespunzătoare (panouri de fațadă, fișii pentru pereți despărțitori etc.), ale golurilor din pereți, ale spațiilor (plinurile verticale dintre golurile prevăzute în pereți), ale cabinelor sanitare etc.;
- grupa a III-a, *dimensiuni mici* pentru : dimensiunile secțiunilor, elementelor și detaliilor de construcție (grosimi de pereți, de stâlpi etc.);
- grupa a IV-a, *dimensiuni foarte mici* pentru : grosimi de materiale și detalii de construcții (dale, plăci etc.).

Coordonarea modulară privește atât proiectarea arhitectonică a clădirilor, cât și proiectarea de construcție și de instalații. Prin proiectarea arhitecturală

se stabilesc, în funcție de specificul proceselor funcționale, dimensiunile elementelor de volum, de distribuție în plan și de legătură pe verticală, din asamblarea cărora rezultă secții de clădiri sau clădiri întregi, deci volumele și suprafețele, adică dimensiunile generale în plan și pe verticală ale clădirii. Totodată, se stabilesc înălțimile clădirii și elementelor sale (înălțimea totală, înălțimea etajului, înălțimea parapetului sub fereastră etc.), precum și dimensiunile golurilor.

Coordonarea dimensiunilor elementelor de arhitectură cu ale structurii de rezistență se face cu ajutorul *axelor modulare de trasare*, care determină poziția principalelor elemente de construcție și în primul rând a elementelor din structura de rezistență (pereți portanți, stâlpi etc.). Axele modulare de trasare împart planul clădirilor astfel ca elementele principale de plan să se înscrie în sistemul de referință modular. Axele modulare de trasare coincid cu liniile rețelei modulare. După trasarea axelor modulare, se trece la stabilirea dimensiunilor elementelor de construcții : portante și despărțitoare, orizontale și verticale, precizându-se lungimile și grosimile lor (pereți, stâlpi, planșee etc.).

4.4.2. STABILIREA DIMENSIUNILOR ELEMENTELOR DE CONSTRUCȚII

Când elementele de construcții sînt executate fără rosturi, dimensiunile nominale (modulare) coincid cu cele de execuție (de exemplu, un perete din beton monolit). La elementele de construcție executate cu rosturi (de țesere, de asamblare, de monolitizare etc.) dimensiunile de fabricație diferă de cele nominale prin rostul adăugat sau scăzut.

Pereții din zidărie se execută pe baza unui modul stabilit în funcție de mărimea pietrelor de zidărie (de obicei, egal cu modulul de bază 10 sau 12,5 cm).

Elementele cu dimensiuni mari se execută pe baza unor module mărite. Se caută reducerea maximă a tipurilor de produse standardizate (tipizate) și de utilaje prin folosirea de gradații modulare mărite ale elementelor și părților de construcții. Determinarea mărimii gradației trebuie să se facă prin coordonarea reciprocă a două condiții contradictorii :

- condiția impusă de producția industrială care cere un număr minim de produse tipizate, care conduce la gradații mari, adică diferențe mari între două dimensiuni nominale succesive;
- condiția cerută de arhitectură, care necesită un număr sporit de variante pentru clădiri, conducînd la reducerea gradației dimensiunilor.

Desigur că trebuie să se țină seama în plus și de destinația și capacitatea clădirilor, de sistemul constructiv, de materialele folosite etc.

4.4.3. REGULI DE AMPLASARE A AXELOR MODULARE DE TRASARE

Prin amplasarea axelor modulare de trasare se rezolvă problema coordonării dimensiunilor elementelor de arhitectură cu cele ale structurii de rezistență, determinîndu-se poziția principalelor elemente de construcții. Axele modulare se dispun astfel (fig. 4.5) :

- pentru pereții portanți interiori, după axele geometrice;
- la pereții portanți exteriori, axa modulară se amplasează în raport cu fața interioară a peretelui la o distanță pM_0 sau M_0 .

Regulile coordonării modulare (sistemului modular unic) sînt completate cu instrucțiuni detaliate pentru fiecare tip de clădire privind determinarea poziției elementelor de construcții în raport cu axele modulare de trasare, determinarea dimensiunilor etc.

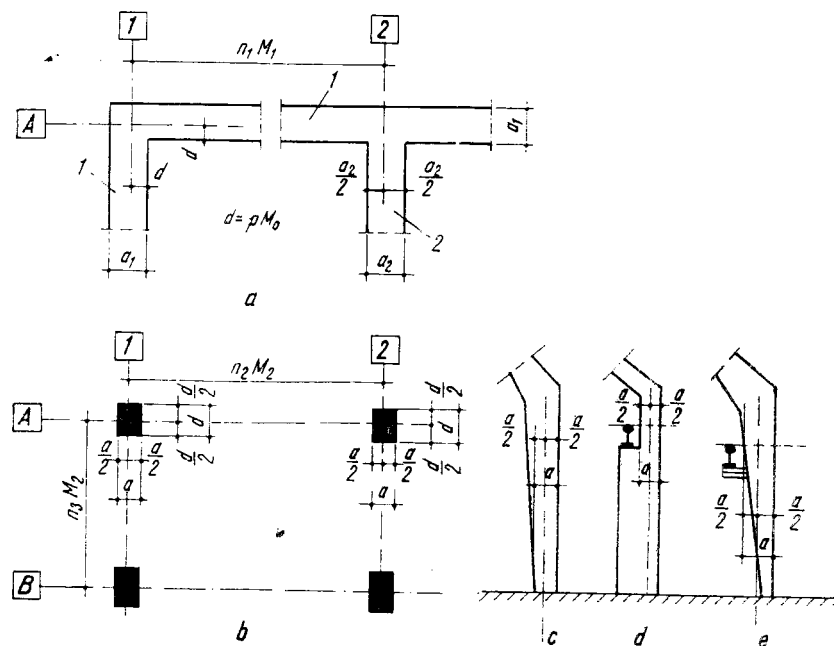


Fig. 4.5. Amplasarea axelor modulare de trasare :
a - clădire cu pereți portanți; b - clădire din cadre; c - hală fără pod rulant; d; e - hale cu pod rulant; M_1 , M_2 - module; n_1 , n_2 , n_3 , p - numere naturale; 1 - perete exterior; 2 - perete interior.

4.5. TOLERANȚE ÎN CONSTRUCȚII

4.5.1. DEFINIȚII

S-a arătat (pct. 4.3) că elementele de construcții, clădirile etc. sunt prevăzute în normele de fabricație și în proiecte cu dimensiunile lor de fabricație sau de execuție. Însă, din cauza condițiilor imperfecte de execuție și a altor factori, între dimensiunea reală, efectivă, care este dimensiunea practic realizată, a cărei valoare se obține prin măsurare și cea de fabricație există diferențe (abatere). Sînt două dimensiuni limită între care trebuie să se găsească dimensiunea efectivă: dimensiunea limită maximă D_M și dimensiunea limită minimă D_m . Dacă elementul are dimensiunea efectivă cuprinsă între valorile D_M și D_m , atunci acesta poate fi folosit.

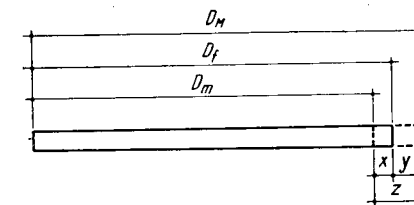
Toleranța este imperfecțiunea admisă la fabricație sau execuție și reprezintă diferența dintre dimensiunea maximă și cea minimă sau diferența algebrică dintre abaterea limită superioară și abaterea limită inferioară (fig. 4.6) putîndu-se exprima cu relația:

$$T = D_M - D_m. \quad (4.1)$$

Toleranțele se referă, în principal, la caracteristicile geometrice ale construcțiilor, părților sau elementelor de construcții care pot fi: caracteristici dimensionale, de formă sau de poziții relative la amplasarea diferitelor părți ale unui element de construcție sau ale unei construcții.

Prin *clasa de precizie* se înțelege, într-un sistem standardizat de toleranțe, ansamblul de toleranțe considerate corespunzătoare aceluiași grad de precizie,

Fig. 4.6. Dimensiunile limită și toleranța :
 x - abaterea limită inferioară; y - abaterea limită superioară; z - toleranța; D_M - dimensiunea limită maximă; D_m - dimensiunea limită minimă; D_f - dimensiunea de referință.



pentru toate dimensiunile de bază, care sînt considerate ca dimensiunile de referință la care se raportează dimensiunile limită, de exemplu, D_f în figura 4.6.

În cazul elementelor sau părților de construcții care se asamblează, se deosebește, de obicei, un element cuprinzător (cu dimensiunea D_1) și un element cuprins (cu dimensiunea D_2), ca de exemplu, golul de zidărie (element cuprinzător) pentru o fereastră (element cuprins). Pentru fiecare din cele două părți sau elemente asamblate există toleranțe, deci abateri maxime sau minime.

Spațiul rezultat după punerea în operă a două elemente dintre care cel puțin unul este mobil, se numește *joc* (de exemplu, jocul dintre fereastră și golul de zidărie, între cercevea și toc etc.), iar prin *rost* se înțelege spațiul rezultat după punerea în operă a două elemente fixe alăturate sau suprapuse.

Se deosebește jocul (rostul) maxim:

$$J_M = D_{1M} - D_{2m}, \quad (4.2)$$

și jocul minim:

$$J_m = D_{1m} - D_{2M}. \quad (4.3)$$

Toleranța jocului (rostului) este:

$$T_j = J_M - J_m. \quad (4.4)$$

4.5.2. APLICAREA TOLERANȚELOR ÎN CONSTRUCȚII

Toleranțele din construcții se referă atât la forma, dimensiunile sau elementele geometrice ale produselor folosite în construcții și ale construcțiilor, cât și la aspectul suprafețelor lor, mai ales a celor văzute.

Toleranțele privind aspectul, dimensiunile și forma construcțiilor și a elementelor de construcții (planeitatea suprafețelor, liniaritatea, înclinarea și verticalitatea muchiilor, dimensiunile etc.) trebuie să asigure atât rezistența și stabilitatea structurii de rezistență, cât și aspectul estetic, plăcut al construcțiilor.

Problema toleranțelor în construcții a căpătat o importanță deosebită odată cu industrializarea construcțiilor, cu sporirea dimensiunilor prefabricatelor (elemente portante de zeci de metri, panouri mari, elemente spațiale etc.), cu reducerea grosimilor și cu mărirea dimensiunilor pe verticală și orizontală ale clădirilor. Asamblarea prefabricatelor de beton armat, care nu pot fi ajustate pe șantier, trebuie să se facă cât mai precis pentru a asigura rezistența și stabilitatea construcțiilor.

Stabilirea gradului de precizie în construcții (a toleranțelor), mai ales pentru structurile din prefabricate, este o problemă foarte importantă care a format obiectul a numeroase cercetări în țară și străinătate și a constituit tema unor manifestări științifice internaționale.

Pentru produsele standardizate: materiale de construcții (cărămizi, țigle etc.), instalații, elemente și prefabricate de construcții etc., toleranțele sînt

peratura aerului exterior și a temperaturii peretelui, între 17 și 24°C. În prescripțiile din țara noastră se recomandă, de exemplu, ca temperatura aerului interior, la clădirile civile să prezinte valorile limită $20 \pm (1,5 \dots 3,0)^\circ\text{C}$. În cadrul lucrărilor celui de-al V-lea Congres C.I.B., Paris 1971, se recomandă pentru condiții de iarnă temperatura aerului 22°C și umiditatea 60%, iar pentru condiții de vară temperatura maximă 26,5°C și umiditatea aerului 35...70%. Luând în considerare necesitatea reducerii consumului de energie și combustibil, s-a adoptat în țara noastră, ca și în alte țări, temperatura aerului de 20°C. Diferența de temperatură a aerului, între cap și picioare, nu trebuie să depășească 2°C, temperatura optimă a pardoselii trebuie cuprinsă între 17,5 și 20°C, iar viteza maximă de mișcare a aerului să fie mai mică de 0,2 m/s.

5.1.2. CONCEPTUL DE CONFORT TERMIC

Noțiunea de confort termic prezintă două accepțiuni:

- subiectivă, după impresia de confort sau inconfort;
- obiectivă, care are în vedere repercusiunile fiziologice asupra organismului uman (pulsatiile cardiace, temperatura rectală, consumul de oxigen etc.).

Aceste două criterii nu sînt totdeauna compatibile. Pentru a elabora aprecieri asupra confortului termic în construcții trebuie să se ia în considerare primul principiu al termodinamicii care se aplică fără dificultate și omului.

Prin nutriție, omul sustrage mediului ambiant energia potențială care se găsește acumulată în alimente sub formă chimică (grație vegetalelor care captează direct energia solară). Această energie este eliberată prin combustie și restituită mediului înconjurător, în principal, sub formă calorică și eventual sub formă de lucru util. În schimbul termic cu mediul înconjurător, omul este o ființă homeotermă, adică are facultatea de a menține constantă temperatura internă pentru o gamă largă de condiții climatice. Pentru a crește sau a diminua pierderile de căldură, centrul termoregulator al corpului omenesc poate declanșa vasodilatarea sau vasoconstricția periferică, modificînd debitul sanguin în vase, ceea ce influențează schimbul termic cu mediul ambiant.

Dacă nu se ia în considerare evaporarea, se poate constata că schimburile de căldură între corpul omenesc și încăperea se pot calcula cu expresia:

$$\theta_R = \frac{\theta_i + \theta_{se}}{2}, \quad (5.1)$$

în care θ_R reprezintă temperatura rezultantă, în °C, noțiune introdusă de Missenard;

θ_i — temperatura aerului interior, în °C;

θ_{se} — temperatura suprafeței interioare a peretelui exterior, în °C.

Senzația de confort depinde deci de temperatura aerului interior și a suprafeței interioare a pereților exteriori, ceea ce implică măsuri constructive și de izolație termică corespunzătoare condițiilor optime de exploatare ale clădirilor.

5.2. TRANSFERUL DE CĂLDURĂ ȘI MASĂ. ECUAȚIA GENERALĂ DE TRANSFER

Cunoașterea caracteristicilor higrotermice ale elementelor de construcție și studiul termic și de umiditate al construcțiilor are la bază schimbul de căldură (prin conducție, convecție și radiație) și masă (prin difuziune) între elementele

de construcție, de temperaturi și umidități diferite, între clădiri și mediul înconjurător. Prin noțiunea de temperatură se apreciază starea de încălzire a aerului, a elementelor de construcție și a corpurilor în general, iar prin umiditate se exprimă conținutul în apă (sub diferite forme) al aerului, al materialelor și al elementelor de construcție. În orice mediu, temperatura într-un punct, la un moment dat τ , are o valoare unică și bine definită, fiind un parametru scalar de stare, depinzînd de timpul τ și putîndu-se exprima în forma implicită $\theta = f(x, y, z, \tau)$ sau vectorial $\theta = f(\vec{r}, \tau)$ în care, $\vec{r} = x\vec{i} + y\vec{j} + z\vec{k}$ reprezintă vectorul de poziție al punctului considerat.

Totalitatea punctelor de aceeași temperatură ale unui corp, la un moment dat, definește suprafața izotermă de temperatură θ . Dacă temperatura corpului, θ , nu variază cu timpul, $\theta(\tau) = \text{constant}$, suprafețele izoterme prezintă în orice moment valori constante și caracterizează regimul staționar sau permanent de temperatură. În acest caz, fluxul termic este constant și cîmpul termic ce caracterizează valorile temperaturilor în corp este constant. În realitate, datorită variației de temperatură a mediului înconjurător și a intermitenței în funcționarea instalațiilor de încălzire și condiționare a aerului în încăperi, are loc și variația temperaturii elementelor de construcție. Luarea în considerare a variației în timp a temperaturii, caracterizează regimul termic nestaționar sau variabil.

Datorită diferențelor de temperatură dintre aer și elementele de construcție, ceea ce evidențiază existența potențialului termic, în construcții ca și în natură are loc transferul căldurii prin conducție, convecție și radiație [14], [38], [104].

Transferul căldurii prin conducție, propriu în special corpului solid, are loc prin pereți, terase, timplărie și constă în transmisia energiei cinetice a moleculelor materialelor ce vibrează în jurul poziției lor de echilibru.

Transferul termic prin convecție are loc, în special, la lichide și gaze și se datorește transportului de căldură prin mișcarea moleculelor fluidelor. Fenomenul intervine în construcții, între suprafețele elementelor de construcție la interior sau exterior și aerul sau mediul înconjurător.

Transferul energiei termice prin radiație are loc sub formă de unde electromagnetice, cu lungimile de undă $\lambda = 0,4 \dots 400 \mu$. Fenomenul de radiație intervine la diferențe mari de temperatură între corpuri sau între corpuri și fluide, cum este cazul elementelor de încălzire prin radiație.

În problemele complexe ale transferului de masă se consideră elementele de construcție alcătuite dintr-un schelet solid capilaro-poros, capabil de a lega gaze și lichide sub diferite forme și energii. Apa poate acționa asupra construcțiilor sub formă de vapori, lichidă sau solidă (gheață) sau poate fi legată chimic. În scheletul solid al materialelor capilaro-poroase, migrația apei și aerului are loc prin difuzie (migrație moleculară), caracterizată prin deplasarea individuală a moleculelor de gaz (vapori de aer) și prin migrația molară ce se caracterizează prin deplasarea fluidelor sub formă de curent care filtrează prin spațiile libere dintre molecule, forțele rezistente fiind frecarea și gravitația.

Datorită diferenței de temperatură și umiditate dintre aerul interior și cel exterior, ce definesc gradientii de temperatură, umiditate și presiune, are loc transferul de căldură și masă (aer umed), între mediul interior și exterior clădirilor, în funcție de mărimea și direcția gradientilor. Fenomenele privind transferul de masă în construcții pot fi analizate în regim staționar și nestaționar de umiditate. Studiul complex al acestor fenomene are în vedere variația simultană a potențialului termic și de umiditate [104].

Studiul acestor fenomene ireversibile se bazează pe teoria transferului de căldură și masă, fundamentată de legea conservării masei și transformării energiei și de principiile creșterii entropiei.

5.3. TRANSFERUL CĂLDURII ÎN CONSTRUCȚII

5.3.1. TRANSMISIA CĂLDURII PRIN CONDUȚIE.

COEFICIENTUL DE CONDUCTIVITATE TERMICĂ A MATERIALELOR DE CONSTRUCȚIE

Studiul problemelor de transfer al căldurii în construcții poate fi abordat în ipotezele regimului staționar sau nestaționar.

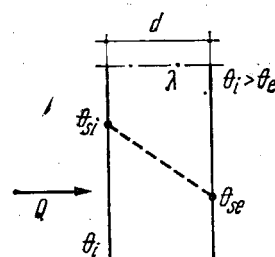


Fig. 5.2. Transmisia căldurii prin conducție la un element de construcție omogen.

Structurile clasice ale elementelor de construcție, omogene, ca și cele cu alcătuiți din straturi paralele după o singură direcție au la bază transferul de căldură după o unică direcție, perpendiculară pe suprafața acestora, caracterizându-se deci prin flux unidirecțional.

La structuri de elemente de construcții omogene, în cazul transmisiei termice, prin conducție, în regim staționar (fig. 5.2), cantitatea totală de căldură transmisă, pe baza ecuației Fourier, se poate estima cu relația:

$$Q = \lambda \frac{S(\theta_{si} - \theta_{se})\tau}{d} \quad (5.2)$$

în care Q este cantitatea totală de căldură transmisă, în kcal sau J;

- λ — coeficientul de conductivitate termică a materialului în kcal/m h °C sau W/m °C sau W/m K (STAS 6 472/74);
- S — suprafața elementului omogen de construcție, în m²;
- θ_{si}, θ_{se} — temperaturile suprafețelor interioară și respectiv exterioară ale elementului de construcție, în °C sau K;
- d — grosimea elementului de construcție, în m;
- τ — timpul, în ore.

Dacă în relația (5.2) se consideră $S = 1 \text{ m}^2$, $\theta_{si} - \theta_{se} = 1^\circ\text{C}$ sau 1 K, $d = 1 \text{ m}$ și $\tau = 1 \text{ h}$, se obține:

$$Q = \lambda [\text{kcal/m h } ^\circ\text{C}] \text{ sau } [\text{W/m}^\circ\text{C}] \text{ sau } [\text{W/m K}] \quad (5.3)$$

Pentru trecerea de la unități tradiționale la unități SI se pot folosi relațiile $1 \text{ J} = 0,2389 \times 10^{-3} \text{ kcal}$; $1 \text{ kcal} = 4186 \text{ J}$; $1 \text{ W} = 0,860 \text{ kcal/h}$; $1 \text{ kcal/h} = 1,163 \text{ W}$.

Coeficientul de conductivitate termică λ , exprimat în kcal/m h °C sau W/m K, este o caracteristică termofizică de bază a materialelor de construcție și reprezintă cantitatea de căldură ce trece printr-un element de construcție având suprafața de 1 m², grosimea 1 m, în timp de 1 oră și pentru o diferență de temperatură a celor două suprafețe de 1°C sau 1 K.

Datorită porozității materialelor de construcție, transferul real de căldură are loc atât prin conducție cât și prin convecție, astfel încât valorile practice ale coeficientului de conductivitate termică caracterizează aspectul complex al transmisiei căldurii prin materiale poroase, exprimându-se prin noțiunea de coeficient echivalent de conductivitate termică, λ_{ech} . Valorile uzuale ale coeficientului λ_{ech} , pentru materialele de construcții cu procente variabile de pori, se prezintă între limitele: $\lambda_{ech} = 0,040 \dots 3,500 \text{ W/m K}$. Dintre materialele de bază în construcții se menționează: betonul armat $\rho = 2400 \dots 2600 \text{ kg/m}^3$, $\lambda_{ech} = 1,62 \dots 2,03 \text{ W/m K}$; zidărie de cărămidă, $\rho = 1150 \dots 1800 \text{ kg/m}^3$, $\lambda_{ech} = 0,46 \dots 0,80 \text{ W/m K}$.

Materialele termoizolatoare, caracterizate prin valori mici ale coeficientului λ_{ech} , se clasifică astfel:

- după rigiditate: rigide (plăci, cărămizi); elastice (rogojini, plăci semirigide saltele, covoare); nerigide (fibroase, granulare, prăfoase);
- după structură: coezive (celulare, mixte, fibroase); necoezive (fibroase, granulare, prăfoase);
- după natura materiei prime: anorganice și organice;
- după capacitatea de izolare termică, în funcție de densitatea specifică aparentă ρ , în kg/m³, se disting următoarele materiale: cu eficiență termică mare ($\rho < 100 \text{ kg/m}^3$), cu eficiență termică medie ($\rho = 100 \dots 500 \text{ kg/m}^3$), cu eficiență termică redusă ($\rho = 500 \dots 800 \text{ kg/m}^3$).

În R. S. România se fabrică la Berceni materiale izolante termice, cu eficiență superioară, sub formă de plăci din vată minerală de lățime 0,60 sau 1,20 m, grosimi $\delta = 1 \dots 10 \text{ cm}$, $\rho = 50 \dots 120 \text{ kg/m}^3$, $\lambda_{ech} = 0,035 \dots 0,071 \text{ W/m K}$ și fișii din vată minerală de 3...5 m lungime, $\rho = 40 \dots 120 \text{ kg/m}^3$ și $\lambda_{ech} = 0,035 \dots 0,060 \text{ W/m K}$.

Dintre materialele pe bază de polimeri se menționează polistirenul celular cu caracteristicile medii $\rho = 20 \text{ kg/m}^3$ și $\lambda = 0,04 \text{ W/m K}$. Sub formă de betoane se fabrică și se utilizează la termoizolații betonul celular autoclavizat, sub formă de plăci, având $\rho = 600 \dots 900 \text{ kg/m}^3$ și $\lambda = 0,21 \dots 0,35 \text{ W/m K}$ și betonul de granolit, monolit sau prefabricat având $\rho = 600 \dots 1200 \text{ kg/m}^3$ și $\lambda = 0,23 \dots 0,46 \text{ W/m K}$.

Valorile practice ale coeficientului de conductivitate termică depind de:

- densitatea unitară aparentă ρ și porozitatea p a materialului, și anume cresc cu densitatea și scad cu porozitatea, așa cum rezultă din graficele prezentate în figura 5.3;

- structura fizică în cazul materialelor coezive și gradul de afânare și mărirea granulelor la materialele pulverulente;

- umiditatea, ce caracterizează conținutul în apă al materialelor. Creșterea conductivității termice în funcție de creșterea conținutului de apă se explică prin aceea că aerul din porii materialelor având $\lambda_{aer} = 0,023 \text{ W/m K}$ este înlocuit cu apă având $\lambda_a = 0,57 \text{ W/m K}$, de 25 ori mai mare decât conductivitatea termică a aerului.

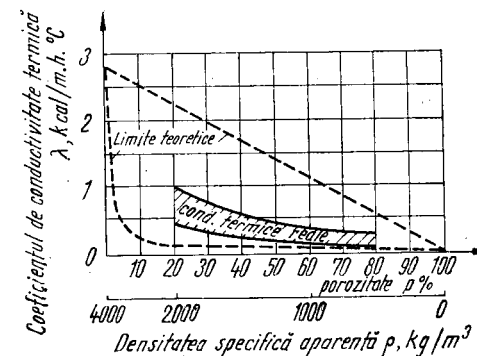


Fig. 5.3. Variația conductivității termice la materialele anorganice, în funcție de densitatea specifică aparentă ρ și de porozitatea p .

La calculul termic al elementelor de construcție se ia în considerare coeficientul de conductivitate termică a materialelor în stare umedă, corespunzătoare umidității de echilibru ce se stabilește în elementele de construcție în condițiile de exploatare a clădirilor. Valoarea coeficientului de conductivitate termică în stare umedă, λ_u , se obține folosindu-se relația:

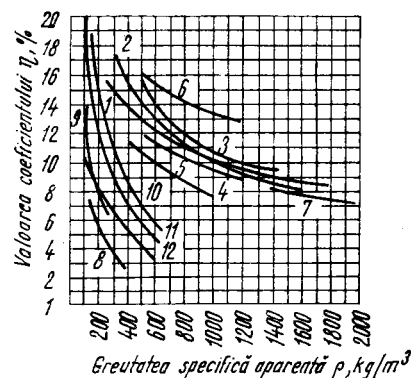


Fig. 5.4. Variația coeficientului de creștere a conductivității termice a materialelor de construcție cu fiecare procent de umiditate, raportat la volum, după B. N. Kaufman:

1 - cărămidă plină; 2 - beton celular; 3 - materiale ceramice poroase; 4 - diatomit; 5 - zgură; 6 - granullit; 7 - betoane; 8 - materiale fibroase; 9 - rumegus; 10 - fibrolit, stabilit; 11 - plăci de plută; 12 - plăci fibrolemoase.

prezintă valorile medii: 20% pentru cărămidă plină, 60% pentru beton celular, 110% pentru mortare la tencuieli interioare.

În cazul când umiditatea materialului este raportată la greutate ω_v , se are în vedere relația (5.5) dintre umiditatea volumetrică, ω_v , și densitatea unitară aparentă, ρ :

$$\omega_v = \frac{\omega_g \rho}{1000} \quad (5.5)$$

Temperatura materialului conduce la creșterea conductivității termice, ce se poate exprima printr-o relație liniară, stabilită de C. E. Vlasov, sub forma:

$$\lambda_\theta = \lambda_0 (1 + \beta \theta_m), \quad (5.6)$$

în care λ_0 este conductivitatea termică a materialului la temperatura 0°C, în W/m K;

β — coeficient de proporționalitate ce exprimă creșterea conductivității termice pentru 1 K și prezintă valoarea medie 0,0025 pentru materialele de construcție;

θ_m — temperatura medie de exploatare a elementului de construcție, în °C.

Dacă se cunosc valorile conductivității termice la temperaturile θ_1 și θ_2 , coeficientul mediu de conductivitate termică se poate calcula cu expresia:

$$\lambda_m = \frac{\lambda_{\theta_1} + \lambda_{\theta_2}}{2} \quad (5.7)$$

$$\lambda_u = \lambda_0 \left(1 + \frac{\eta \omega_v}{100} \right), \quad (5.4)$$

în care λ_u este coeficientul de conductivitate termică al materialului la umiditatea u %, în W/m K;

λ_0 — coeficientul de conductivitate termică al materialului în stare uscată, în W/m K;

η — coeficient de creștere a conductivității termice pentru o creștere a umidității volumetrice cu 1%, având pentru diferite materiale valorile prezentate în graficele din figura 5.4;

ω_v — umiditatea materialului în condiții de exploatare, în % (raportată la volum).

Pentru principalele materiale de construcție, creșterea conductivității termice, sub influența umidității normale de exploatare,

În STAS 6 472-74 se prezintă valorile coeficientului de conductivitate termică pentru principalele materiale de construcție, utilizate în condiții de climat normal.

5.3.2. ECUAȚIA TRANSFERULUI DE CĂLDURĂ ÎN REGIM STAȚIONAR LA STRUCTURI OMIGENE

Transmisia căldurii prin elementele de construcție are loc iarna de la interior către exterior (fig. 5.5), deoarece $\theta_i > \theta_e$, θ_i și θ_e fiind temperaturile aerului interior și respectiv exterior, iar vara de la exterior spre interior, deoarece în general $\theta_e > \theta_i$, în timpul zilei [46]. Considerându-se într-un perete omogen, un strat de grosime infinitesimală dx , la care temperatura variază cu cantitatea $d\theta$, în cazul regimului termic staționar, densitatea fluxului de căldură q se exprimă pe baza relației stabilite de Fourier:

$$q = -\lambda \frac{d\theta}{dx}, \quad (5.8)$$

în care q este densitatea fluxului de căldură în kcal/m² h sau W/m²;

$\frac{d\theta}{dx}$ — gradientul de temperatură, în °C/m sau K/m.

În regim staționar unidirecțional, $q = \text{constant}$, deci:

$$\frac{dq}{dx} = -\lambda \frac{d^2\theta}{dx^2} = 0. \quad (5.9)$$

În cazul fenomenului unidirecțional, exprimat prin ecuația (5.9), cîmpul termic este constant în planele paralele cu suprafața elementului de construcție (fig. 5.6). Cunoașterea cîmpului termic unidirecțional și a variației temperaturii în elementul de construcție presupune integrarea ecuației diferențiale:

$$d\theta = -\frac{q}{\lambda} dx, \quad (5.10)$$

cu următoarele condiții la limită:

$$x = 0, \quad \theta = \theta_{si}; \quad x = d, \quad \theta = \theta_{se} \quad (5.11)$$

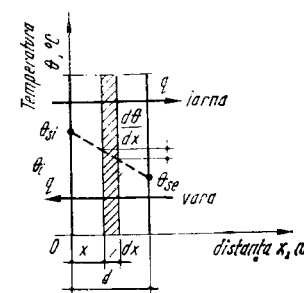


Fig. 5.5. Transmisia căldurii prin conducție la un perete omogen.

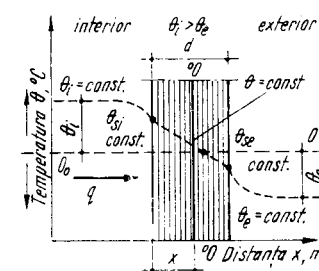


Fig. 5.6. Stabilirea cîmpului termic constant în planele paralele cu peretele.

Prin integrarea ecuației (5.10) se obține :

$$\theta = -\frac{q}{\lambda} x + C. \quad (5.12)$$

Punind condițiile la limită rezultă :

$$C = \theta_{si} \text{ și } \theta_{se} = -\frac{q}{\lambda} d + \theta_{si};$$

de unde :

$$q = \frac{\lambda}{d} (\theta_{si} - \theta_{se}) = \frac{\lambda}{d} \Delta \theta_s. \quad (5.13)$$

Variația temperaturii în peretele omogen, considerînd sistemul de coordonate $xO\theta$ este liniară și este exprimată de relația :

$$\theta = \theta_{si} - \frac{\theta_{si} - \theta_{se}}{d} x = \theta_{si} - \frac{\Delta \theta_s}{d} x. \quad (5.14)$$

5.3.3. PERMEABILITATEA TERMICĂ ȘI REZISTENȚA LA PERMEABILITATEA TERMICĂ A ELEMENTELOR DE CONSTRUCȚIE

La structuri de elemente omogene, considerînd relațiile (5.2) și (5.13), cantitatea de căldură, q transmisă este proporțională cu raportul $\Lambda = \frac{\lambda}{d}$, exprimat în kcal/m²h°C sau W/m² K, ce reprezintă o caracteristică termofizică a elementului de construcție, denumită *coeficient de permeabilitate termică*; se definește ca fiind cantitatea de căldură transmisă prin conducție, printr-o suprafață de 1m², a elementului de construcție, de grosime d , în m, pe durată de o oră și pentru o diferență de temperatură între cele două fețe ale elementului de 1°C sau 1 K.

Inversul coeficientului de permeabilitate termică exprimat prin :

$$\frac{1}{\Lambda} = \frac{d}{\lambda} = R, \quad (5.15)$$

reprezintă *rezistența la transmisia căldurii prin conducție*, avînd dimensiunile m²h°C/kcal, °Cm²/W sau m²K/W.

Materialele izolatoare se caracterizează prin tasare sub acțiunea încărcărilor permanente și utile, care se reflectă prin micșorarea grosimii stratului termoizolant și deci implicit printr-o creștere a densității aparente și a conductivității termice.

Influența tasării materialelor termoizolante se ia în considerare la stabilirea permeabilității termice reale a elementului de construcție, de grosime d , prin intermediul expresiei :

$$R = \frac{1}{\Lambda} = \frac{d}{b \lambda}, \quad (5.16)$$

în care b este coeficientul de calitate al materialului termoizolant, avînd valori cuprinse între 1,0 și 1,2, în funcție de natura materialelor și de caracteristicile constructive și funcționale ale elementelor de construcție.

5.4. TRANSMISIA CĂLDURII PRIN CONVECȚIE

Propagarea căldurii prin convecție are loc ca fenomen general, la suprafețele de contact, între elementele de construcție și fluide (aer, apă).

Cantitatea totală de căldură primită, q_c sau cedată, q'_c , de un perete (fig. 5.7) prin convecție, exprimată în kcal sau W, se determină pe baza legii lui Newton :

$$q_c = \alpha_c S (\theta_i - \theta_{si}) \tau, \text{ la primire}; \quad (5.17)$$

$$q'_c = \alpha'_c S (\theta_e - \theta_{se}) \tau, \text{ la cedare}, \quad (5.18)$$

în care S este suprafața elementului de construcție, în m²;

α_c — coeficientul de transfer termic prin convecție la suprafața interioară, în kcal/m²h°C, W/°C m² sau W/m² K;

α'_c — coeficientul de transfer termic prin convecție la suprafața exterioară, în kcal/m²h°C, W/°C m² sau W/m² K;

$\theta_i - \theta_{si} = \Delta \theta_i$; $\theta_e - \theta_{se} = \Delta \theta_e$ — diferențele de temperatură la primirea și respectiv la cedarea căldurii, în °C sau K.

Dacă în relațiile (5.17) și (5.18) se consideră $S = 1$ m², diferențele de temperatură $\Delta \theta_i = \Delta \theta_e = 1^\circ\text{C}$ sau 1 K, $\tau = 1$ h, se obține :

$$q_c = \alpha_c [\text{kcal/m}^2\text{h}^\circ\text{C}] \text{ sau } [\text{W/m}^2\text{K}];$$

$$q'_c = \alpha'_c [\text{kcal/m}^2\text{h}^\circ\text{C}] \text{ sau } [\text{W/m}^2\text{K}]. \quad (5.19)$$

Coeficienții de convecție α_c și α'_c se definesc ca fiind cantitățile de căldură, primită sau cedată într-o oră de 1 m² de suprafață de perete, cînd diferența de temperatură între fluid și suprafețele de construcție este de 1°C sau 1 K.

Valorile coeficienților α_c și α'_c depind de natura fluidului, de natura și aspectul suprafețelor de contact, de diferența de temperatură dintre elementul de construcție și mediul ambiant, de viteza fluidului (în cazul cînd este în mișcare), de viteza vîntului, în cazul aerului exterior și de sistemul de ventilație, în spații închise.

Pentru suprafața interioară a pereților exteriori, coeficientul de convecție interioară se poate calcula cu expresia lui N o o s s e l t :

$$\text{— pentru } \theta_i - \theta_{si} < 5^\circ\text{C}, \alpha_c = 3 + 0,08 (\theta_i - \theta_{si}); \quad (5.20)$$

$$\text{— pentru } \theta_i - \theta_{si} > 5^\circ\text{C}, \alpha_c = 2,2 \sqrt[4]{\theta_i - \theta_{si}}. \quad (5.21)$$

Pentru suprafața exterioară a pereților exteriori, mărimea coeficientului de convecție exterioară α'_c depinde de

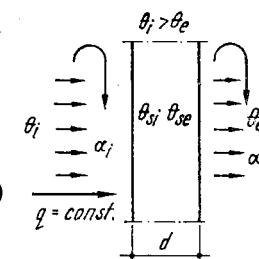


Fig. 5.7. Transmisia căldurii prin convecție la suprafața elementelor de construcție.

viteza vîntului și se poate calcula cu relația lui Wirtz:

$$\alpha'_e = 13/\sqrt{v} [\text{kcal/m}^2\text{h}^\circ\text{C}] \text{ sau } [\text{W/m}^2\text{K}], \quad (5.22)$$

în care v este viteza vîntului, în m/s.

În condițiile obișnuite, $v = 1,5$ m/s la sate și periferii de orașe și $v = 0,75$ m/s pentru centrul orașelor.

5.5. TRANSMISIA CĂLDURII PRIN RADIATIE

Schimbul de căldură în construcții poate avea loc și prin transmisia energie radiante a suprafețelor elementelor de construcție la interior și exterior, a obiectelor și corpurilor de încălzire ce se află în încăperi.

Cantitatea de căldură transmisă prin radiație variază proporțional cu temperatura absolută a corpului la puterea a patra, conform relației lui S t e p h a n - B o l t z m a n n:

$$q_r = C_r \left[\frac{T}{100} \right]^4, \quad (5.23)$$

în care q_r este fluxul de căldură radiantă, în kcal/m²h;

C_r — coeficient de radiație în kcal/m²h K⁴ și care reprezintă cantitatea de căldură radiată de 1 m² de material într-o oră, în vid, la o temperatură absolută a suprafeței radiante egală cu 100°C;

T — temperatura suprafeței, în K.

Cantitatea de căldură primită prin radiație de la aerul interior la suprafața interioară a peretelui exterior (fig. 5.8) sau respectiv transmisă de suprafața exterioară a peretelui exterior, este:

$$Q_r = C_r S \left[\left(\frac{T_1}{100} \right)^4 - \left(\frac{T_2}{100} \right)^4 \right] [\text{kcal/h}], \quad (5.24)$$

în care T_1 este temperatura absolută a aerului încăperii ($T_1 = \theta_i + 273$) sau a suprafeței exterioare a peretelui exterior ($T_1 = \theta_{se} + 273$), în K;

T_2 — temperatura absolută a suprafeței interioare a peretelui exterior ($T_2 = \theta_{si} + 273$) sau a aerului exterior, ($T_2 = \theta_e + 273$), în K.

În medie, pentru majoritatea materialelor de construcție, se poate considera valoarea $C_r = 4,2$ kcal/m²h K⁴.

Raportînd expresia (5.24) la diferența de temperatură a aerului și a suprafeței interioare a peretelui exterior, se obțin expresiile coeficienților de radiație a căldurii:

— la primirea căldurii:

$$\alpha_r = \frac{C_r \left[\left(\frac{T_1}{100} \right)^4 - \left(\frac{T_2}{100} \right)^4 \right]}{\theta_i - \theta_{si}} [\text{kcal/m}^2\text{h}^\circ\text{C}] \text{ sau } [\text{W/m}^2\text{K}]; \quad (5.25)$$

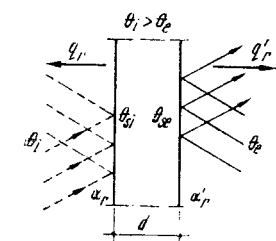


Fig. 5.8. Transmisia căldurii prin radiație la suprafața elementelor de construcție.

— la cedarea căldurii:

$$\alpha'_r = \frac{C_r \left[\left(\frac{T_1}{100} \right)^4 - \left(\frac{T_2}{100} \right)^4 \right]}{\theta_{se} - \theta_e} [\text{kcal/m}^2\text{h}^\circ\text{C}] \text{ sau } [\text{W/m}^2\text{K}]. \quad (5.26)$$

5.6. TRANSMISIA CĂLDURII PRIN RADIATIE ȘI CONVECȚIE. COEFICIENȚII DE TRANSFER TERMIC PRIN SUPRAFAȚA ELEMENTELOR DE CONSTRUCȚIE

Căldura totală primită de suprafața interioară a peretelui exterior și căldura cedată prin suprafața exterioară a peretelui este suma căldurii primită sau cedată prin convecție și radiație. Aceste fenomene sînt luate în considerare prin coeficientul de transfer termic la primirea căldurii, α_i și prin coeficientul de transfer termic la cedarea căldurii, α_e , denumiți coeficienți de transfer termic prin suprafața interioară, respectiv exterioară:

$$\alpha_i = \alpha_e + \alpha_r [\text{kcal/m}^2\text{h}^\circ\text{C}], [\text{W}/^\circ\text{Cm}^2] \text{ sau } [\text{W/m}^2\text{K}]; \quad (5.27)$$

$$\alpha_e = \alpha'_e + \alpha'_r [\text{kcal/m}^2\text{h}^\circ\text{C}], [\text{W}/^\circ\text{Cm}^2] \text{ sau } [\text{W/m}^2\text{K}].$$

Inversul coeficienților α_i și α_e definesc rezistența la primire, R_i și respectiv la cedare a căldurii R_e , la transfer termic prin suprafață, exprimîndu-se astfel:

$$R_i = \frac{1}{\alpha_i} [\text{m}^2\text{h}^\circ\text{C/kcal}], [^\circ\text{C m}^2/\text{W}] \text{ sau } [\text{m}^2 \text{K}/\text{W}]; \quad (5.28)$$

$$R_e = \frac{1}{\alpha_e} [\text{m}^2\text{h}^\circ\text{C/kcal}], [^\circ\text{C m}^2/\text{W}] \text{ sau } [\text{m}^2 \text{K}/\text{W}].$$

Valorile coeficienților de transfer de căldură prin suprafețele elementelor și ale rezistențelor la transfer de căldură sînt prezentate în STAS 6 472-74.

5.7. TRANSMISIA CĂLDURII PRIN ELEMENTE DE CONSTRUCȚIE ÎN STRATURI

5.7.1. TRANSMISIA CĂLDURII PRIN CONVECȚIE LA STRUCTURI ÎN MAI MULTE STRATURI PARALELE

În cazul unui element de construcție plan, compus din mai multe straturi, perpendiculare pe fluxul termic, avînd grosimile d_1, d_2, d_3 (fig. 5.9) și coeficienții de conductivitate termică $\lambda_1, \lambda_2, \lambda_3$, transmisia căldurii prin conducție în regim staționar implică condiția ca densitatea fluxului termic pentru fiecare strat

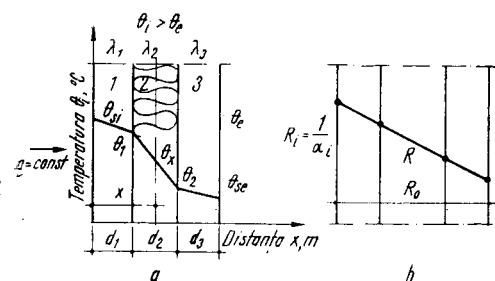


Fig. 5.9. Transmisia căldurii prin conducție la structuri în mai multe straturi paralele: a - variația temperaturii la scară geometrică; b - variația temperaturii la scara rezistențelor termice.

să fie constantă [46], [104]:

$$q = \frac{b_1 \lambda_1}{d_1} (\theta_{si} - \theta_1) = \frac{b_2 \lambda_2}{d_2} (\theta_1 - \theta_2) = \frac{b_3 \lambda_3}{d_3} (\theta_2 - \theta_{se}) = \text{constant.} \quad (5.29)$$

Din relațiile (5.29) se obțin diferențele de temperaturi dintre suprafețele straturilor 1, 2 și 3.

$$\begin{aligned} (\theta_{si} - \theta_1) &= q \frac{d_1}{b_1 \lambda_1}; \quad (\theta_1 - \theta_2) = q \frac{d_2}{b_2 \lambda_2}; \\ (\theta_2 - \theta_{se}) &= q \frac{d_3}{b_3 \lambda_3}. \end{aligned} \quad (5.30)$$

Diferența totală de temperatură dintre suprafețele interioară și exterioară ale elementului compus este:

$$\theta_{si} - \theta_{se} = q \left(\frac{d_1}{b_1 \lambda_1} + \frac{d_2}{b_2 \lambda_2} + \frac{d_3}{b_3 \lambda_3} \right). \quad (5.31)$$

Densitatea fluxului termic, q , se poate exprima cu relația:

$$q = \frac{\theta_{si} - \theta_{se}}{\frac{d_1}{b_1 \lambda_1} + \frac{d_2}{b_2 \lambda_2} + \frac{d_3}{b_3 \lambda_3}} = \frac{\Delta \theta_s}{R}. \quad (5.32)$$

Expresia fluxului termic prin conducție se poate scrie sub forma:

$$q = \Delta \theta_s K,$$

în care:

$$K = \frac{1}{R} = \frac{1}{\frac{d_1}{b_1 \lambda_1} + \frac{d_2}{b_2 \lambda_2} + \frac{d_3}{b_3 \lambda_3}} \quad (5.33)$$

K reprezintă coeficientul de transfer termic (transmisie termică) a căldurii prin conducție, la elemente în mai multe straturi, exprimat în $\text{W/m}^2 \text{K}$ și se definește prin cantitatea de căldură ce trece printr-un metru pătrat de perete, în timp de o oră și pentru o diferență de temperatură între cele două fețe extreme de 1°C sau 1 K .

R reprezintă rezistența la transmisia căldurii prin conducție la structuri în mai multe straturi și se exprimă ca sumă a rezistențelor la trecerea căldurii prin suprafața de 1 m^2 a straturilor componente, având grosimile d_1, d_2, d_3 , în timp de o oră și pentru o diferență totală de temperatură între suprafețele extreme de 1°C sau 1 K , conform relației:

$$R = \frac{d_1}{b_1 \lambda_1} + \frac{d_2}{b_2 \lambda_2} + \frac{d_3}{b_3 \lambda_3} = \sum_{k=1}^n \frac{d_k}{b_k \lambda_k}. \quad (5.34)$$

În cazul structurilor alcătuite din n straturi, se obține:

$$R = R_1 + R_2 + \dots + R_n = \frac{d_1}{b_1 \lambda_1} + \frac{d_2}{b_2 \lambda_2} + \dots + \frac{d_n}{b_n \lambda_n} = \sum_{k=1}^n \frac{d_k}{b_k \lambda_k}. \quad (5.35)$$

Valorile temperaturilor suprafețelor interioare corespunzătoare planurilor de separație ale straturilor componente se pot calcula cu expresiile:

$$\begin{aligned} \theta_1 &= \theta_{si} - q \frac{d_1}{b_1 \lambda_1} = \theta_{si} - q R_1 = \theta_{si} - \frac{R_1}{R} \Delta \theta; \\ \theta_2 &= \theta_1 - q \frac{d_2}{b_2 \lambda_2} = \theta_{si} - q \left(\frac{d_1}{b_1 \lambda_1} + \frac{d_2}{b_2 \lambda_2} \right) = \theta_{si} - q (R_1 + R_2) = \\ &= \theta_{se} + q \frac{d_3}{b_3 \lambda_3} = \theta_{se} + \Delta \theta \frac{R_3}{R}. \end{aligned} \quad (5.36)$$

Într-un strat la distanța x de suprafața caldă, temperatura θ_x rezultă pe baza relației:

$$\theta_x = \theta_{si} - q R_x = \theta_{si} - \left(\frac{d_1}{b_1 \lambda_1} + \frac{x - d_1}{b_2 \lambda_2} \right) \frac{\Delta \theta}{R}, \quad (5.37)$$

în care R_x este rezistența termică la transmisia căldurii prin conducție până în secțiunea x .

Reprezentarea grafică a temperaturii în structura peretelui în mai multe straturi este o linie frântă ($\theta_{si} - \theta_1 - \theta_2 - \theta_{se}$) la scară geometrică (fig. 5.9, a) sau o linie continuă, la scara rezistențelor termice (fig. 5.9, b).

5.7.2. REZISTENȚA TERMICĂ A STRATURILOR DE AER LA PEREȚI ȘI TERASE

Valoarea rezistenței termice a straturilor de aer, incluse în componența elementelor de construcție exterioare (pereți și terase) este în funcție de grosimea stratului (fig. 5.10), poziția sa în elementul de construcție (orizontală sau verti-

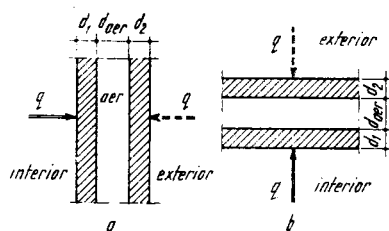


Fig. 5.10. Rezistența termică a aerului :
a - în strat vertical ; b - în strat orizontal.

cală), direcția fluxului termic, temperatura și umiditatea aerului și de capacitatea de absorbție termică a materialelor (a_1 , a_2) ce delimitează stratul de aer, definită de expresia :

$$\frac{1}{a} = \frac{1}{a_1} + \frac{1}{a_2} - 1. \quad (5.38)$$

Considerînd elementele ce delimitează lamela de aer alcătuite din materiale masive, $a_1 = a_2 = 0,90$ și $a = 0,82$. Dacă una din suprafețe este metalică și alta masivă $a = 0,20$, dacă ambele suprafețe sînt metalice $a = 0,11$, iar la suprafețe de absorbție redusă $a = 0,05$.

Pentru grosimi ale stratului de aer, cuprinse între 10 și 150 mm, R_a variază între 0,14 și 0,18 m² K/W.

5.7.3. TRANSMISIA TERMICĂ GLOBALĂ A CĂLDURII PRIN CONDUȚIE ȘI TRANSFER LA SUPRAFAȚĂ

În cazul unei element de construcție omogen care separă două medii de temperaturi diferite, cu temperaturile $\theta_i > \theta_e$, în regim termic staționar, are loc transfer de căldură din zona mai caldă spre mediul mai rece în următoarele faze (fig. 5.11) :

— transmisia căldurii prin convecție și radiație (I) de la aerul din încăpere la fața interioară a peretelui exterior, pe baza relației :

$$q_I = \alpha_i (\theta_i - \theta_{si}); \quad (5.39)$$

— transmisia căldurii prin conducție (II) de la suprafața mai caldă la suprafața mai rece a elementului de construcție conform expresiei :

$$q_{II} = \frac{b\lambda}{d} (\theta_{si} - \theta_{se}); \quad (5.40)$$

— transmisia căldurii prin convecție și radiație (III) de la suprafața exterioră a elementului de construcție la aerul exterior, pe baza relației :

$$q_{III} = \alpha_e (\theta_{se} - \theta_e). \quad (5.41)$$

Fig. 5.11. Diagrama temperaturilor la transmisia termică globală a căldurii prin conducție și transfer la suprafață :

a - variația temperaturii în cazul reprezentării geometrice a grosimii straturilor; b - variația temperaturii în cazul reprezentării straturilor la scara rezistențelor termice.

densități fluxului termic :

$$q_I = q_{II} = q_{III} = \alpha_i (\theta_i - \theta_{si}) = \frac{b\lambda}{d} (\theta_{si} - \theta_{se}) = \alpha_e (\theta_{se} - \theta_e) = q. \quad (5.42)$$

Diferențele parțiale de temperatură se pot calcula cu relațiile :

$$\theta_i - \theta_{si} = \frac{q}{\alpha_i}; \quad \theta_{si} - \theta_{se} = q \frac{b\lambda}{d}; \quad (5.43)$$

$$\theta_{se} - \theta_e = \frac{q}{\alpha_e}.$$

Din expresiile (5.43) se obține diferența totală de temperatură dintre mediile I și III :

$$\theta_i - \theta_e = q \left(\frac{1}{\alpha_i} + \frac{d}{b\lambda} + \frac{1}{\alpha_e} \right), \quad (5.44)$$

de unde :

$$q = \frac{\theta_i - \theta_e}{\frac{1}{\alpha_i} + \frac{d}{b\lambda} + \frac{1}{\alpha_e}} = (\theta_i - \theta_e) K_0 = \frac{\Delta\theta}{R_0}. \quad (5.45)$$

5.7.4. COEFICIENTUL DE TRANSMISIE TERMICĂ ȘI REZISTENȚA TOTALĂ A ELEMENTELOR DE CONSTRUCȚIE ÎN STRATURI

Termenul :

$$K_0 = \frac{1}{\frac{1}{\alpha_i} + \frac{d}{b\lambda} + \frac{1}{\alpha_e}}, \quad (5.46)$$

exprimat în kcal/m²h°C, W/°Cm² sau W/m² K, reprezintă o caracteristică termică a elementului de construcție de grosime d , denumit *coeficient de transmisie termică totală* și reprezintă cantitatea de căldură ce trece, în regim staționar, printr-o suprafață de 1 m² pe durata de o oră și pentru o diferență de temperatură între cele două medii de 1°C sau 1 K.

Inversul acestui coeficient,

$$\frac{1}{K_0} = R_0 = \frac{1}{\alpha_i} + \frac{d}{b\lambda} + \frac{1}{\alpha_e} = R_i + R + R_e, \quad (5.47)$$

exprimat în m²h°C/Kcal, °C m²/W sau m² K/W, reprezintă rezistența la transmisia termică totală a căldurii, adică rezistența pe care o opune la trecerea căldurii un element de construcție de 1 m² suprafață, grosime d , pe durata de o oră și pentru o diferență de temperatură a celor două medii de 1°C sau 1 K.

În cazul unui element de construcție alcătuit din n straturi, coeficientul de transmisie termică totală și respectiv rezistența la transmisia termică totală se exprimă astfel:

$$K_0 = \frac{1}{\frac{1}{\alpha_i} + \sum_{k=1}^n \frac{d_k}{b_k \lambda_k} + \frac{1}{\alpha_e}}, \quad (5.48)$$

$$R_0 = \frac{1}{K_0} = \frac{1}{\alpha_i} + \sum_{k=1}^n \frac{d_k}{b_k \lambda_k} + \frac{1}{\alpha_e}.$$

Calculul temperaturilor suprafețelor de separație ale elementelor de construcție compuse, se efectuează cu ajutorul relațiilor:

$$\theta_i - \theta_{si} = q \frac{1}{\alpha_i}; \quad \theta_{si} - \theta_{se} = q \frac{d}{b \lambda}; \quad \theta_{se} - \theta_e = q \frac{1}{\alpha_e};$$

$$\theta_{si} = \theta_i - q \frac{1}{\alpha_i} = \theta_i - \Delta \theta \frac{R_i}{R_0} = \theta_i - \frac{R_i}{R_0} \Delta \theta, \quad (5.49)$$

$$\theta_{se} = \theta_{si} - q \frac{d}{b \lambda} = \theta_i - \frac{R_i}{R_0} \Delta \theta - R \frac{\Delta \theta}{R_0} = \theta_i - \left(\frac{R_i + R}{R_0} \right) \Delta \theta.$$

Temperatura în stratul x se poate calcula cu expresia:

$$\theta_x = \theta_i - \frac{R_x}{R_0} \Delta \theta = \theta_i - \frac{R_i + \frac{x}{\lambda}}{R_0} \Delta \theta. \quad (5.50)$$

La scara rezistențelor termice, variația temperaturii este o linie dreaptă (fig. 5.11, b)

5.8. TRANSMISIA CĂLDURII PRIN CONDUȚIE LA STRUCTURI ÎN STRATURI CU PUNȚI TERMICE ÎN REGIM STAȚIONAR. INTEGRAREA ECUAȚIEI CÎMPULUI TERMIC. CONDIȚII LA LIMITĂ

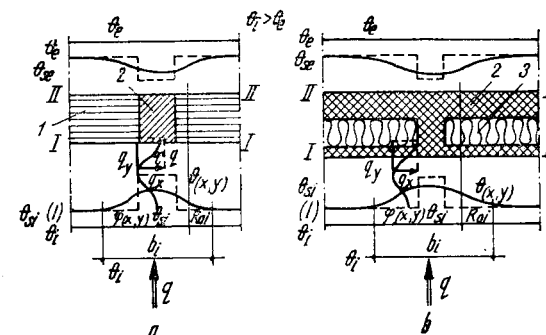
La pereți de zidărie cu stâlpi de beton armat, la panouri mari în trei straturi, la elemente de beton armat monolit în trei straturi, la colțuri și ramificații de pereți cu stâlpi de beton armat monolit, datorită neomogenității structurilor, transmisia căldurii prin conducție, după 2 și 3 direcții are loc pe baza ecuațiilor (5.51):

$$\frac{\partial}{\partial x} \left(\lambda \frac{\partial \theta}{\partial x} \right) + \frac{\partial}{\partial y} \left(\lambda \frac{\partial \theta}{\partial y} \right) = 0;$$

$$\frac{\partial}{\partial x} \left(\lambda \frac{\partial \theta}{\partial x} \right) + \frac{\partial}{\partial y} \left(\lambda \frac{\partial \theta}{\partial y} \right) + \frac{\partial}{\partial z} \left(\lambda \frac{\partial \theta}{\partial z} \right) = 0. \quad (5.51)$$

Fig. 5.12. Transmisia plană a căldurii prin conducție la structuri neomogene:

a - structură cu stâlpi de beton armat și zidărie de umplutură; b - perete din panouri mari prefabricate în trei straturi; 1 - zidărie de cărămidă; 2 - beton armat; 3 - izolație termică



Folosirea materialelor grele (betonul vibrat) și a materialelor ușoare termoizolante (vată sau pislă minerală, beton celular, beton de granolit, polistiren celular), în structuri neomogene, face ca ipoteza clasică a transmisiei unidirectionale a căldurii, adoptată pentru structuri masive, omogene, să nu mai fie valabilă. La aceste structuri, transmisia termică are loc nu numai de la interior spre exterior, după direcția perpendiculară pe perete (fig. 5.12), dar și în planul peretelui, din zona cu coeficient mic de permeabilitate termică spre zona de permeabilitate termică mai mare. Fluxul termic total, q este alcătuit din fluxul termic după direcția x , q_x și după direcția y , q_y . Liniile de flux termic $\varphi(x, y)$ au o orientare oarecare în zona de influență a materialelor mai permeabile din punct de vedere termic, fiind perpendiculare pe liniile cîmpului termic.

Soluțiile particulare exacte sau aproximative ale ecuațiilor diferențiale, trebuie să verifice condiții la limită care se definesc astfel:

— condiții la limită de speța I, Dirichlet (fig. 5.13), care fixează distribuția funcției necunoscute pe conturul domeniului studiat și se exprimă cu relația:

$$\theta_s = f_I(x, y, z, \tau); \quad (5.52)$$

— condiții la limită de speța a II-a, Neumann, care fixează distribuția derivatei funcției necunoscute pe conturul domeniului studiat și se exprimă astfel:

$$\left| \frac{\partial \theta}{\partial n} \right|_s = f_{II}(x, y, z, \tau), \quad (5.53)$$

în care:

$\frac{\partial \theta}{\partial n}$ este gradientul termic normal pe suprafața considerată;

— condiții la limită de speța a III-a, Fourier, care exprimă transferul termic la suprafața de contact a elementului de construcție cu fluidul înconjurător (aer, apă) aflat la temperatura θ_a :

$$\alpha_{i,e}(\theta_s - \theta_a) = -\lambda \left| \frac{\partial \theta}{\partial n} \right|_s \quad (5.54)$$

— condiții la limită de speța a IV-a, ce intervin la probleme referitoare la domenii neomogene, de conducție-

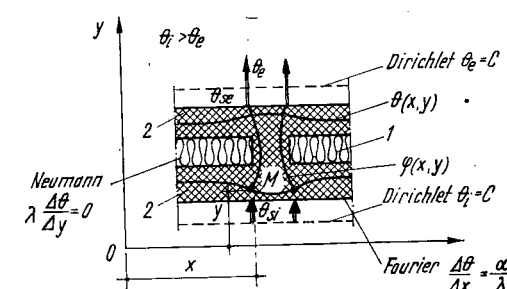


Fig. 5.13. Condiții de contur la un perete cu punte termică, cu transmisie pe două direcții; 1 - izolație termică; 2 - beton armat.

vități termice λ_1 și λ_2 , care în condițiile egalității fluxurilor termice conduc la expresia :

$$\lambda_1 \left| \frac{\partial \theta_1}{\partial n} \right| = \lambda_2 \left| \frac{\partial \theta_2}{\partial n} \right|. \quad (5.55)$$

5.9. METODE PRACTICE PENTRU DETERMINAREA CARACTERISTICILOR TERMICE ALE ELEMENTELOR DE CONSTRUCȚII. METODA CÎMPURILOR

5.9.1. CONSIDERAȚII GENERALE

Cunoașterea cîmpului termic, respectiv cunoașterea temperaturii în zona de transmisie plană ce caracterizează lățimea de influență b_i a elementelor de permeabilitate termică mare, cu punți termice, permite determinarea rezistenței termice, respectiv a coeficientului de transmisie termică în secțiunea considerată.

Rezistența termică într-o secțiune $k-k$ (fig. 5.14), din zona de influență b_i a punții se poate calcula pe baza temperaturii $\theta_{si,k}$ sau $\theta_{se,k}$ a suprafeței interioare sau exterioare a elementului de construcție :

$$R_k = \frac{\theta_i - \theta_e}{\theta_i - \theta_{si,k}} \frac{1}{\alpha_i} \text{ sau } R_k = \frac{\theta_i - \theta_e}{\theta_e - \theta_{se,k}} \frac{1}{\alpha_e}. \quad (5.56)$$

În secțiunea $s-s$, situată la limita zonei de influență b_i a punții termice, rezistența termică are valoarea maximă calculată cu expresia :

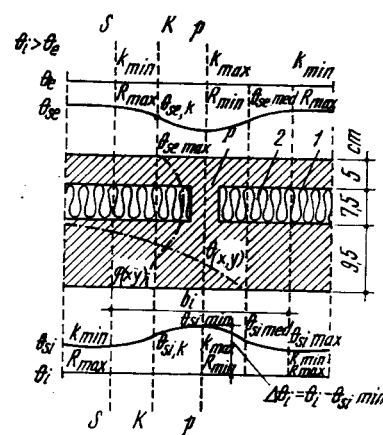


Fig. 5.14. Schema de calcul a coeficientului mediu la transfer termic :
1 - beton armat ; 2 - izolație termică ; p - punte termică.

$$R_{max_{s-s}} = \frac{1}{\alpha_i} + \frac{d_1}{\lambda_1} + \frac{d_2}{b_2 \lambda_2} + \frac{d_3}{\lambda_3} + \frac{1}{\alpha_e}. \quad (5.57)$$

În secțiunea $p-p$, corespunzătoare axului punții termice, rezistența termică este minimă și se poate calcula cu ajutorul uneia dintre expresiile :

$$R_{min_{p-p}} = \frac{\theta_i - \theta_e}{\theta_i - \theta_{si \min}} \frac{1}{\alpha_i};$$

$$R_{min_{p-p}} = \frac{\theta_i - \theta_e}{\theta_e - \theta_{se \max}} \frac{1}{\alpha_e}, \quad (5.58)$$

în care $\theta_{si \min}$ reprezintă temperatura minimă a suprafeței interioare a elementului de construcție.

Cunoscîndu-se valorile R_k , R_{max} și R_{min} se pot calcula pierderile de căldură reale în zona punților pe baza transmisiei plane a căldurii.

Cunoașterea cîmpului termic în cazul transmisiei plane implică rezolvarea ecuației diferențiale (5.59) în condiții la limită, definite pentru cazuri practice :

$$\frac{\partial}{\partial x} \left(\lambda \frac{\partial \theta}{\partial x} \right) + \frac{\partial}{\partial y} \left(\lambda \frac{\partial \theta}{\partial y} \right) = 0. \quad (5.59)$$

Soluția analitică exactă este practic inaccesibilă și de aceea rezolvarea problemelor termice de acest gen se bazează pe următoarele metode :

- calcule analitice aproximative ;
- calcule cu diferențe finite ;
- analogii electrice ;
- determinări și măsurători în stații de încercări ;
- măsurători termice la clădiri în exploatare.

5.9.2. METODE APROXIMATIVE DE CALCUL

La elementele de construcții alcătuite din mai multe straturi paralele cu fluxul termic q (fig. 5.15), rezistența termică paralelă R_{II} , la transmisia căldurii prin conducție, se poate calcula conform STAS 6 472-74 și [46] cu relația aproximativă :

$$R_{II} = \frac{A_I + A_{II} + A_{III} + \dots}{\frac{A_I}{R_I} + \frac{A_{II}}{R_{II}} + \frac{A_{III}}{R_{III}} + \dots}; \quad (5.60)$$

în care R_I , R_{II} , ... reprezintă rezistențele termice ale straturilor de grosime d , în secțiunile I, II, ... paralele cu fluxul termic și avînd conductivitățile λ_I , λ_{II} , ... ;

A_I , A_{II} , ... — suprafețele straturilor componente, considerate perpendicular pe direcția fluxului termic.

Calculul rezistenței termice pe baza acestei expresii poate conduce la valori supraevaluate, în acest caz recomandîndu-se estimarea rezistenței termice pe baza coeficientului mediu de transmisie termică, definit de relația :

$$\lambda_{med} = \frac{\lambda_I A_I + \lambda_{II} A_{II} + \dots}{A_I + A_{II} + \dots}. \quad (5.61)$$

Rezistența termică perpendiculară, R_I a elementului compus se poate calcula cu expresia valabilă la structuri omogene, după direcția perpendiculară pe fluxul termic :

$$R_I = \frac{d}{\lambda_{med}}. \quad (5.62)$$

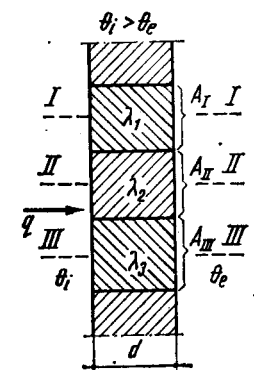


Fig. 5.15. Stabilirea rezistenței termice prin metode aproximative la elemente realizate din straturi paralele cu fluxul termic.

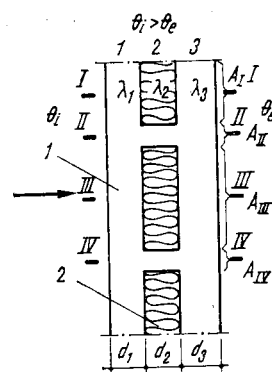


Fig. 5.16 Stabilirea rezistenței termice prin metode aproximative la elemente neomogene pe două direcții: I - strat de beton armat; 2 - izolație termică.

Dacă între $R_{||}$ și $R_{\perp}$ există o diferență de maxim 25%, se propune ca rezistența termică medie la transmisia prin conducție, R , să se calculeze cu expresia:

$$R = \frac{R_{||} + 2 R_{\perp}}{3} \quad (5.63)$$

Rezistența termică totală rezultă:

$$R_0 = \frac{1}{K_0} = R_i + R + R_e \quad (5.64)$$

La structuri de elemente neomogene pe două direcții, cu punți termice (fig. 5.16), calculul rezistenței termice la transmisia căldurii prin conducție se poate obține pe baza relației aproximative (5.63), cunoscând că $R_{||}$ și $R_{\perp}$ reprezintă rezistențele termice la transmisia prin conducție, în ipoteza alcătuirii din elemente orizontale de suprafață $A_I, A_{II}, A_{III}, \dots$, pentru calculul rezistenței $R_{||}$ și respectiv din straturile 1, 2, 3, perpendiculare pe direcția fluxului termic și avînd grosimile d_1, d_2, d_3 , în cazul rezistenței de calcul $R_{\perp}$. Relațiile ce intervin se prezintă sub forma:

$$R_{||} = \frac{A_I + A_{II} + \dots}{\frac{A_I}{R_I} + \frac{A_{II}}{R_{II}} + \dots} \quad (5.65)$$

în care:

$$R_I = \frac{d_1}{\lambda_1} + \frac{d_2}{\lambda_2} + \frac{d_3}{\lambda_3};$$

$$R_{II} = \frac{d_1 + d_2 + d_3}{\lambda_1}; \quad \lambda_1 \cong \lambda_3;$$

$$R_{\perp} = \frac{d_1}{\lambda_1} + \frac{d_2}{\lambda_{med}} + \frac{d_3}{\lambda_3}; \quad (5.66)$$

iar rezistența totală:

$$R_0 = R_i + \frac{R_{||} + 2R_{\perp}}{3} + R_e \quad (5.67)$$

5.9.3. STABILIREA CÎMPULUI TERMIC PLAN CU AJUTORUL DIFERENȚELOR FINITE

Practic, pentru cazuri particulare ale ecuației (5.59) se poate folosi metoda diferențelor finite, care constă în înlocuirea derivatelor cu diferențe ce definesc funcția căutată prin valorile ei în diferite puncte. În acest scop, domeniul

cercetat se împarte într-o rețea și fixînd punctele în nodurile rețelei (fig. 5.17), se obține un sistem de n ecuații algebrice liniare, n fiind numărul nodurilor rețelei.

Ecuația cîmpului termic plan se poate pune sub forma:

$$\lambda \frac{\Delta_x^2 \theta}{\Delta x^2} + \frac{\Delta_y^2 \theta}{\Delta y^2} = 0; \quad (5.68)$$

$$\Delta_x^2 \theta = (\Delta_x \theta)_1 - (\Delta_x \theta)_2 = (\theta_{x+\Delta x, y} - \theta_{x, y}) - (\theta_{x, y} - \theta_{x-\Delta x, y}) = \theta_{x+\Delta x, y} - 2\theta_{x, y} + \theta_{x-\Delta x, y},$$

$$\Delta_y^2 \theta = \theta_{x, y+\Delta y} - 2\theta_{x, y} + \theta_{x, y-\Delta y}. \quad (5.69)$$

Ecuația Laplace, în diferențe finite la structuri omogene, rezultă:

$$\frac{\theta_{x+\Delta x, y} - 2\theta_{x, y} + \theta_{x-\Delta x, y}}{\Delta x^2} + \frac{\theta_{x, y+\Delta y} - 2\theta_{x, y} + \theta_{x, y-\Delta y}}{\Delta y^2} = 0. \quad (5.70)$$

Rezolvînd această ecuație în raport cu $\theta_{x, y}$ se obține:

$$\theta_{x, y} = \frac{\Delta y^2 (\theta_{x+\Delta x, y} + \theta_{x-\Delta x, y}) + \Delta x^2 (\theta_{x, y+\Delta y} + \theta_{x, y-\Delta y})}{2(\Delta x^2 + \Delta y^2)} \quad (5.71)$$

Condițiile la limită în calculul prin diferențe finite sînt următoarele:

— temperaturile aerului interior și exterior sînt constante, condiții Dirichlet, care se exprimă $\theta_{i,e} = C$;

— fluxul de căldură transmis prin convecție la suprafața interioară și exterioară a elementului de construcție este egal cu fluxul de căldură transmis prin conducție pe grosimea h a pasului rețelei, condiția Fourier (fig. 5.18), adică:

$$\lambda \frac{\theta_{si} - \theta_{se}}{h} = \alpha_i (\theta_i - \theta_{si})$$

și

$$\lambda \frac{\theta_{si} - \theta_{se}}{h} = \alpha_e (\theta_{se} - \theta_e);$$

de unde:

$$\theta_{si} = \frac{\alpha_i \left(1 + \alpha_e \frac{h}{\lambda}\right) \theta_i + \alpha_e \theta_e}{\alpha_i \left(1 + \alpha_e \frac{h}{\lambda}\right) + \alpha_e};$$

$$\theta_{se} = \frac{\alpha_e \left(1 + \alpha_i \frac{h}{\lambda}\right) \theta_e + \alpha_i \theta_i}{\alpha_e \left(1 + \alpha_i \frac{h}{\lambda}\right) + \alpha_i}. \quad (5.72)$$

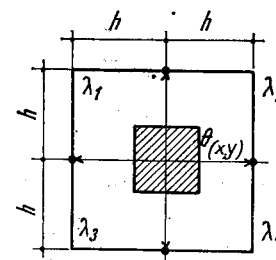


Fig. 5.18. Rețea de calcul prin diferențe finite la structuri neomogene.

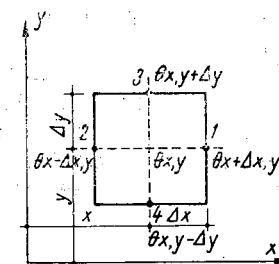


Fig. 5.17. Rețea de calcul prin diferențe finite la probleme plane de transmisie termică în regim staționar.

Pe baza legii conservării energiei termice se scriu ecuațiile cu diferențe finite pentru fiecare nod al rețelei. Într-o primă aproximație se consideră temperaturile pentru câteva secțiuni caracteristice, pe baza transmisiei unidirecționale a căldurii și prin interpolare se deduc temperaturile pentru celelalte ochiuri ale rețelei. Valorile exacte ale temperaturilor și liniilor izoterme se obțin după o serie de aproximații succesive ale ecuațiilor cu diferențe finite, continuându-se operațiile până la aproximația dorită.

5.9.4. METODA ANALOGIILOR ELECTRICE PENTRU DETERMINAREA CÂMPULUI TERMIC

Dificultățile matematice privind soluționarea ecuațiilor diferențiale care exprimă fenomenele termice, în tratarea lor ca probleme în anumite condiții la limită, au condus la metode noi cu aplicații importante în fizica tehnică. Aceste metode, denumite analogice, pleacă de la constatarea că fenomene fizice diferite se exprimă matematic prin aceleași ecuații diferențiale, integrale sau algebrice.

Cercetarea caracteristicilor termice ale elementelor de construcție, pe baza analogiilor electrice, este folosită în Franța, U.R.S.S., [11], [14], [46], [28] etc. În R. S. România, această metodă a fost abordată și dezvoltată în cadrul Catedrei de Construcții civile și industriale de la Institutul Politehnic Iași [46].

În cazul fenomenului termic plan, în regim staționar, ce intervine la structurile neomogene cu punți termice, analogia dintre fenomenul termic și electric rezultă

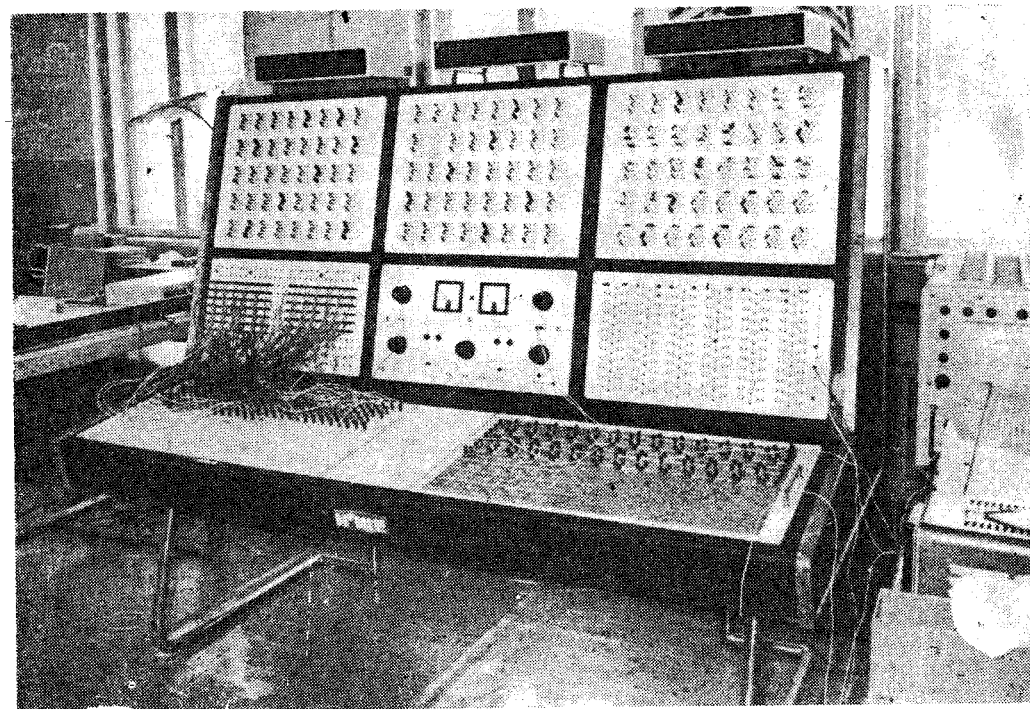


Fig. 5.19. Instalație de modelare electrică cu rezistențe și capacități, la Institutul Politehnic Iași.

din reprezentarea câmpurilor termic și electric, prin ecuații diferențiale identice :

Fenomenul termic

$$\frac{\partial}{\partial x} \left(\lambda \frac{\partial \theta}{\partial x} \right) + \frac{\partial}{\partial y} \left(\lambda \frac{\partial \theta}{\partial y} \right) = 0, \quad (5.73, a)$$

în care :
 x, y sint coordonate spațiale;
 θ — temperatura;
 λ — conductivitatea termică;
 $\frac{\partial \theta}{\partial x}$ — gradientul termic;
 $q = \lambda \frac{\partial \theta}{\partial x} ds$ — fluxul termic;
 $\theta = \text{const}$ — linia izotermă

Fenomenul electric

$$\frac{\partial}{\partial x} \left(c_e \frac{\partial V}{\partial x} \right) + \frac{\partial}{\partial y} \left(c_e \frac{\partial V}{\partial y} \right) = 0, \quad (5.73, b)$$

în care:
 x, y sint coordonate spațiale;
 V — potențialul electric;
 c_e — conductivitatea electrică;
 $\frac{\partial V}{\partial x}$ — gradientul electric;
 $q = c_e \frac{\partial V}{\partial x} ds$ fluxul electric;
 $V = \text{const.}$ — linia echipotențială.

Ecuațiile (5.73, a, b) stau la baza modelelor analogice indirecte, realizate cu rezistențe electrice, folosindu-se datele inițiale obținute prin împărțirea domeniului studiat în rețele finite.

Integrarea pe cale electrică a ecuațiilor diferențiale finite presupune, în cazul fenomenelor termice, respectarea condițiilor la limită indicate. În figura 5.19 se prezintă vederea generală a instalației analogice electrice cu rezistențe variabile, construită în laboratorul de Clădiri civile de la Institutul Politehnic Iași [44] iar în figura 5.20, schema electrică a instalației.

Valorile temperaturilor în nodurile rețelei modelate se pot calcula cu expresia :

$$\theta = \theta_e + \frac{V_i - V_e}{100} V, \quad (5.74)$$

făcînd să corespundă la diferența totală de temperatură $\theta_i - \theta_e$, diferența de potențial electric $V_i - V_e$.

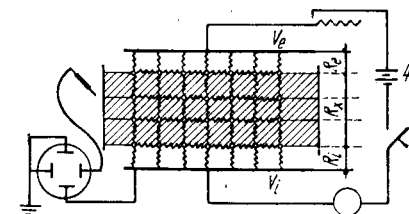


Fig. 5.20. Schema electrică a modelelor termice de calcul în rețea.

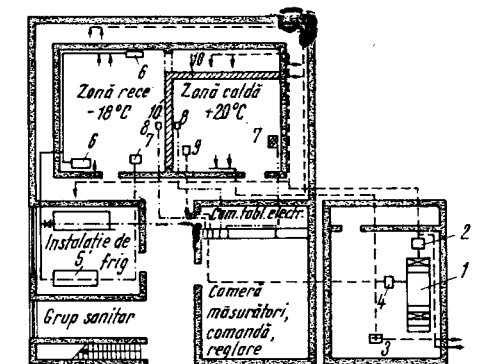


Fig. 5.21. Cameră de încercări higrotermice cu dublă atmosferă :

1 — agregat pentru condiționarea aerului; 2; 3 — ventilator; 4 — pompă centrifugă; 5 — agregat frigorific; 6 — aerotermă aer rece; 7 — detector de temperatură; 8 — aerotermă aer cald; 9 — detector de umiditate; 10 — element care se încalcă.



Fig. 5.22. Încercarea higrotermică a zonei de intersecție dintre pereții exteriori și terasă.

5.9.5. ÎNCERCĂRI ȘI MĂSURĂTORI HIGROTERMICE ÎN STAȚII LA SCARĂ NATURALĂ

În vederea încercărilor și cercetărilor privind comportarea și caracteristicile higrotermice ale elementelor de construcție, la scară naturală, s-a realizat la Iași prin colaborarea Catedrei de Construcții civile și industriale cu Filiala INCERC, Camera de încercări. Stația de încercări higrotermice pentru construcții (fig. 5.21) are dimensiunile în plan 10×5 m și înălțimea 3,5 m, fiind formată din două zone, separate de elementul supus încercărilor. Zona caldă simulează condițiile de climat interior din încăperi și zona rece simulează condițiile de climat exterior de iarnă și vară, cu sau fără influența ploii, vântului și radiației solare. Dimensiunile camerei de încercări permit cercetări de elemente plane, de pereți, colțuri, intersecții de pereți și terase (fig. 5.22), elemente de timplărie, îmbinări între pereți, ca și între aceștia și timplărie.

5.10. TRANSMISIA CĂLDURII PRIN CONDUȚIE ÎN REGIM NESTAȚIONAR

În regim nestacionar, densitatea q a fluxului de căldură din stratul dx considerat este variabilă și se determină luând diferențiala lui q în raport cu x , ceea ce conduce la :

$$\frac{dq}{dx} = -\lambda \frac{\partial^2 \theta}{\partial x^2}. \quad (5.75)$$

Cantitatea de căldură dq , necesară pentru creșterea temperaturii stratului dx , cu $d\theta$ grade, în intervalul de timp $d\tau$, este proporțională cu capacitatea de acumulare termică a stratului și cu variația temperaturii în timp, conform relației :

$$dq = -c_p \rho dx \frac{\partial \theta}{\partial \tau}. \quad (5.76)$$

Din relația (5.76) rezultă :

$$\frac{dq}{dx} = -c_p \rho \frac{\partial \theta}{\partial \tau}. \quad (5.77)$$

Variația fluxului de căldură se datorește acumulării termice în stratul respectiv, astfel încât luând în considerare relațiile (5.76) și (5.77) se poate scrie :

$$\frac{\partial \theta}{\partial \tau} = \frac{\lambda}{c_p \rho} \frac{\partial^2 \theta}{\partial x^2} = a \frac{\partial^2 \theta}{\partial x^2}, \quad (5.78)$$

în care a este coeficientul de difuzivitate termică, în m^2/s .

În cazul fenomenelor termice plane caracterizate prin transmisia căldurii după două direcții, ecuația căldurii se prezintă astfel :

$$\frac{\partial \theta}{\partial \tau} = a \left(\frac{\partial^2 \theta}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 \theta}{\partial y^2} \right) \quad (5.79)$$

La transmisia căldurii după trei direcții, în spațiu, ecuația privind variația temperaturii în timp, în regim nestacionar, se prezintă astfel :

$$\frac{\partial \theta}{\partial \tau} = a \left(\frac{\partial^2 \theta}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 \theta}{\partial y^2} + \frac{\partial^2 \theta}{\partial z^2} \right) = a \nabla^2 \theta, \quad (5.80)$$

în care ∇^2 este operatorul Laplace.

Cunoașterea caracteristicilor termice ale elementelor de construcție, în regim nestacionar, presupune integrarea ecuațiilor (5.78), (5.79) și (5.80), în condiții la limită ce interesează practic.

5.10.1. CRITERII APROXIMATIVE PRIVIND CARACTERISTICILE TERMICE ALE ELEMENTELOR DE CONSTRUCȚIE ÎN REGIM NESTAȚIONAR

5.10.1.1. Capacitatea de asimilare a căldurii la suprafața elementelor de construcție. Reducerea masei pereților, adoptarea acoperișurilor terasă, folosirea materialelor grele și ușoare la elemente cu structuri mixte, influența radiației solare asupra suprafețelor exterioare ale elementelor de construcție fac actuală ipoteza regimului nestacionar, la studiul termic al elementelor de construcție. În acest caz, prezintă importanță proprietatea suprafețelor materialelor de a absorbi și ceda căldura, ca urmare a variațiilor periodice ale fluxului termic și ale temperaturii aerului.

Cercetări termice la construcții în exploatare justifică ipoteza variației sinusoidale a fluxului de căldură și a temperaturii suprafețelor elementelor (fig. 5.23), fenomen ce poate fi considerat variabil, cu perioada de o zi, o lună sau un an. Sub acțiunea variației fluxului de căldură q , de amplitudine A_q , are loc variația temperaturii θ a suprafeței elementului de construcție, cu amplitudinea A_θ ce depinde de caracteristicile termofizice ale materialelor din care sînt alcătuite elementele. Coeficientul de absorbție a căldurii S , exprimat în $W/m^2 K$, caracterizează asimilarea căldurii la suprafața materialelor și este definit de raportul :

$$S = \frac{A_q}{A_\theta} = \frac{q_{max} - q}{\theta_{max} - \theta} \quad (5.81)$$

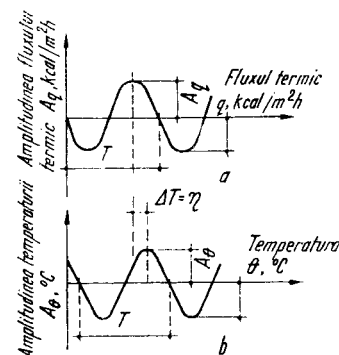


Fig. 5.23. Variații sinusoidale :
a - pentru fluxul termic; b - pentru temperatura elementelor de construcție.

5.10.1.2. Indicele inerției termice. Pentru aprecierea capacității de acumulare și cedare a căldurii de către elementele de construcție, s-a introdus noțiunea de indice de inerție termică D , ce caracterizează numărul undelor de temperatură ce pătrund în grosimea elementului de construcție, definit de expresia :

$$D = RS. \quad (5.83)$$

La elementele de construcție în mai multe straturi, expresia indicelui de inerție termică devine :

$$D = \sum_{k=1}^n R_k S_k, \quad (5.84)$$

în care R_k și S_k reprezintă rezistența și respectiv coeficientul de asimilare termică a unui strat curent k , al structurii compuse.

La elementele de construcție cu zone neomogene, indicele inerției termice se calculează cu relația :

$$D = \frac{A_I D_I + A_{II} D_{II} + \dots}{A_I + A_{II} + \dots}, \quad (5.85)$$

în care : $D_I, D_{II}, \dots$ sînt indicii inerției termice a zonelor distincte, neomogene ale elementului de construcție ;

$A_I, A_{II}, \dots$ — suprafețele respective, perpendiculare pe direcția fluxului termic, în m^2 .

5.10.1.3. Amortizarea oscilațiilor termice. O exprimare mai cuprinzătoare a inerției termice este prezentată de A. M. Sklover [104] și Fr. Eichler [38]. După acești autori, raportul dintre amplitudinile oscilației termice a suprafețelor elementului de construcție (fig. 5.24), caracterizează capacitatea de acumulare și cedare a căldurii, în regim nestaționar și influențează variațiile de temperatură ale aerului interior.

Indicele care caracterizează temperatura aerului interior, sub influența oscilațiilor temperaturii aerului exterior depinde de capacitatea de amortizare

Coeficientul de asimilare termică S depinde de conductivitatea termică a materialului λ , de căldura specifică c_p , densitatea specifică aparentă ρ și perioada T . Pentru $T = 24$ ore, expresia coeficientului de absorbție S , în $W/m^2 K$, se prezintă sub forma :

$$S_{24} = \sqrt{\frac{2\pi}{T}} \lambda c_p \rho = 0,59 \sqrt{c_p \rho \lambda}; \quad (5.82)$$

Valorile coeficientului de asimilare termică S_{24} sînt cuprinse între $0,29 W/m^2 K$ (la polistiren celular) și $140 W/m^2 K$ (la tablă de aluminiu) și reflectă caracteristicile materialelor termoizolante și a materialelor de mare permeabilitate termică.

termică și se exprimă cu ajutorul relației :

$$\nu = \frac{A_{\theta_{se}}}{A_{\theta_{si}}}, \quad (5.86)$$

în care : ν este indicele amortizării termice ;
 $A_{\theta_{se}}$ — amplitudinea temperaturii suprafeței exterioare a elementului de construcție, în $^{\circ}C$ sau K ;
 $A_{\theta_{si}}$ — amplitudinea variației temperaturii suprafeței interioare a elementului de construcție, în $^{\circ}C$ sau K .

Acest indice poate fi luat în considerare atît pentru condiții de iarnă cît și pentru condiții de vară, în special la structuri din beton armat la care influența radiației solare este esențială asupra confortului din locuințe.

5.10.1.4. Deplasarea de fază, defazajul oscilațiilor termice. Un alt indice al inerției termice, care caracterizează acțiunea de răcire în timpul iernii și de încălzire în timpul verii, este deplasarea de fază sau întîrzierea de timp a oscilației termice, notată cu η și care reprezintă intervalul de timp de la începutul acțiunii termice exterioare (răcire sau încălzire) pînă cînd efectul termic se manifestă pe suprafața interioară a elementului de construcție și deci în interiorul încăperilor. Deplasarea de fază a oscilației termice depinde și de capacitatea de amortizare a elementului de construcție. În timpul verii, cînd intervine acțiunea însoririi, dacă amortizarea termică a elementului de construcție este corespunzătoare, unda termică poate fi reținută și căldura absorbită pînă cînd aerul exterior se răcește din nou. Pentru a se evita încălzirea încăperilor în condiții de vară, este necesar ca întîrzierea de fază să fie de cel puțin 8 ore. Acoperișurile terasă sînt supuse însoririi pe o perioadă mai mare de timp și implică asigurarea unui defazaj mai mare. Pereții orientați spre răsărit sînt supuși unei durate mai mici de însorire și implică o valoare mai mică a decalajului de fază pentru cerințele confortului de vară și o valoare mai mare pentru cele ale confortului de iarnă.

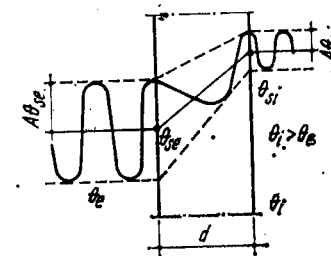


Fig. 5.24. Amortizarea oscilațiilor termice în elementele de construcție.

5.10.2. CALCULUL TRANSMISIEI TERMICE PRIN CONDUCTIE, ÎN REGIM NESTAȚIONAR, UTILIZÎND DIFERENȚE FINITE

Pentru rezolvarea ecuației privind propagarea căldurii, în regim nestaționar, se transpune ecuația (5.78) în forma corespunzătoare diferențelor finite :

$$\frac{\Delta \theta}{\Delta \tau} = \frac{\lambda}{c_p \rho} \frac{\Delta^2 \theta}{\Delta x^2} \quad (5.87)$$

Membrul 2 al egalității (5.87), cu ajutorul diferențelor finite, se poate pune sub forma :

$$\frac{\Delta^2 \theta}{\Delta x^2} = \frac{\theta_{x+\Delta x, \tau} - 2\theta_{x, \tau} + \theta_{x-\Delta x, \tau}}{\Delta x^2}. \quad (5.88)$$

Pentru rezolvarea ecuației (5.88), în cazul unui element omogen, împărțit în fișii egale, de lățime Δx , se pot folosi metode iterative, scriind ecuațiile de bilanț termic și condițiile la limită.

În legătură cu rezolvarea problemelor practice, cu ajutorul diferențelor finite, a apărut necesitatea de a se clarifica condițiile în care se pot obține soluții cu aproximații satisfăcătoare și cu o convergență rapidă. Din literatura de specialitate rezultă condiția $0 < 1/M < 1/2$, în care $M = (\Delta x)^2 / a \Delta \tau$, pentru a se obține o convergență rapidă. Pentru $M = 2$ se poate obține o sistematizare avantajoasă a calculelor, temperatura într-un punct exprimându-se ca medie aritmetică a temperaturii punctelor învecinate la momentul precedent.

Calculul numeric cu diferențe finite se conduce pînă la valori ale temperaturilor finale ce prezintă aproximații acceptabile.

5.11. UMIDITATEA CONSTRUCȚIILOR

5.11.1. SURSE DE UMIDITATE ÎN CONSTRUCȚII. ACȚIUNEA APEI ASUPRA MATERIALELOR ȘI ELEMENTELOR DE CONSTRUCȚIE

Studiul umidității construcțiilor prezintă o importanță deosebită pentru asigurarea confortului și durabilității clădirilor. Apa sub diferite forme (vapori de apă, stare lichidă sau stare solidă în caz de îngheț) acționează permanent în timpul formării structurii materialelor, la executarea și exploatarea construcțiilor etc. [14], [28], [38], [46]. Din punctul de vedere al umidității, cerințele de igienă și confort ale climatului interior al construcțiilor sînt riguroase condiționate de regimul termic, așa cum rezultă din figura 5.25.

În construcții intervine umiditatea aerului interior care influențează confortul și condițiile climatice generale și locale, ca și umiditatea materialelor elementelor de construcție datorită acțiunii vaporilor de apă din aerul umed sau direct a apei în stare lichidă, la interior și la exterior. Pentru majoritatea clădirilor, umiditatea relativă a aerului din încăperi trebuie să prezinte valori între 30 și 70%. Pentru clădiri civile și social-culturale, valorile optime ale umidității aerului sînt în funcție de temperatură, astfel: $\varphi_i = 55\%$ la temperatura aerului interior $\theta_i = 23^\circ\text{C}$ și $\varphi_i = 65\%$ la $\theta_i = 20^\circ\text{C}$.

Cunoașterea condițiilor de umiditate în exploatarea construcțiilor este necesară din punct de vedere termotehnic, sanitar-igienic și constructiv. Sub

influența umidității, conductivitatea termică, căldura specifică și masa specifică a materialului cresc, iar izolarea termică a acestuia scade. Din punct de vedere sanitar-igienic, creșterea umidității creează condiții favorabile pentru instalarea unor afecțiuni cronice (reumatism) și permite dezvoltarea ciupercilor și mușcăiului. Din punct de vedere constructiv, variația umidității materialelor de construcție conduce la micșorarea rezistențelor mecanice, determină tensiuni din contracții și dilatări care influențează structura fizică a materialelor iar, sub influența înghețului și dezghețului, în zona exterioară a elementelor de construcție apar degradări și deformări care reduc considerabil durabilitatea construcțiilor.

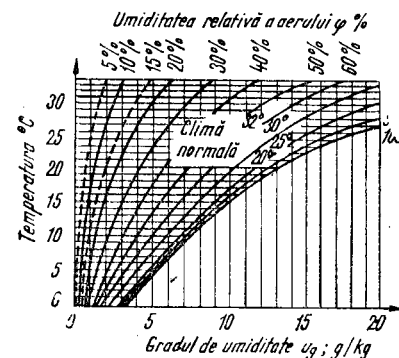


Fig. 5.25. Condiții higrotermice normale de confort pentru climatul interior.

5.11.2. FORMELE DE ACȚIUNE A APEI ASUPRA CONSTRUCȚIILOR

Apa poate acționa asupra construcțiilor sub forme diferite, umiditatea aerului și a elementelor de construcție fiind rezultatul suprapunerii mai multor acțiuni (fig. 5.26):

- *apa inițială de construcție*, care este introdusă prin procesul de execuție și care este în funcție de natura materialelor, de sistemul constructiv și de tehnologia de execuție;

- *apa din teren*, care poate acționa direct asupra fundațiilor sau datorită ascensiunii capilare pînă la nivelul elementelor de construcție de la parter, corespunzător poziției hidroizolației soclului;

- *apa meteorologică*, care influențează climatul exterior și acționează asupra construcțiilor, datorită intemperiei, sub formă de ploaie și zăpadă (fig. 5.27);

- *apa de exploatare*, determinată de natura proceselor umede care intervin în legătură cu destinația unor încăperi (spălătorii, băi, bucătării) în clădirile de locuit și social-culturale și datorită unor procese tehnologice de producție;

- *apa de natură biologică*, care intervine prin procesele de respirație și evaporare a vaporilor de apă de la suprafața pielii omului și viețuitoarelor. În raport cu activitatea pe care o depune, la temperatura de 20°C , omul poate produce vapori de apă în cantități de 50...60 g/h (în repaus) pînă la 1 300...6 800 g/h cînd efectuează munci fizice grele. Cantitatea maximă de vapori de apă ce se poate considera ca fiind degajată de om într-o încăpere este de 2 l/24 h;

- *apa higroscopică*, ce se datorește acțiunii umidității aerului interior și exterior asupra construcțiilor, este în funcție de structura fizică a materialelor și procentul de umiditate a aerului. Sub acțiunea umidității higroscopice se stabilește umiditatea de echilibru a elementelor, ce caracterizează exploatarea construcțiilor;

- *apa de condens* poate interveni la suprafața interioară, exterioară și în masa elementelor de construcție (pereți, terase), datorită condensării vaporilor de apă ce migrează prin elementele de construcție sub acțiunea gradientului de temperatură și de umiditate, atunci cînd temperatura coboară sub limita valorii de rouă, determinînd creșterea umidității elementelor, în unele cazuri peste limitele admisibile.

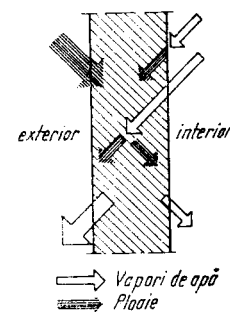


Fig. 5.27. Acțiunea apei sub formă de vapori și de ploaie asupra construcțiilor.

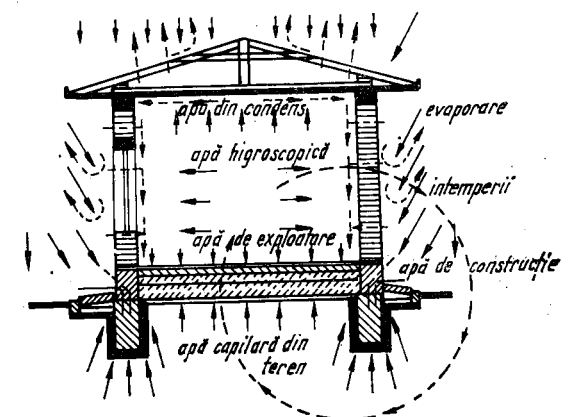


Fig. 5.26. Acțiunea complexă a apei asupra construcțiilor.

5.11.3. UMIDITATEA AERULUI

Aerul poate conține apă într-una sau mai multe faze: gazoasă (vapori), lichidă (picături) și uneori solidă (în stare cristalizată sau amorfă).

Aerul conține astfel, la un moment dat, o anumită cantitate de vapori de apă, care determină umiditatea sa.

Conținutul de vapori de apă din aer, exprimat în g/m^3 , definește umiditatea sa absolută, φ_a :

$$\varphi_a = \frac{m_v}{V}, \quad (5.89)$$

în care m_v este masa vaporilor de apă, în g, iar V — volumul aerului umed, în m^3 .
Conținutul maxim de vapori de apă ce poate fi absorbit de aerul cu temperatura θ definește umiditatea de saturație φ_s ($\varphi_s = \varphi_{max}$). Valorile φ_{max} , pentru aer, la temperaturile $\theta = -10 \dots +40^\circ\text{C}$, sînt cuprinse între 21,4 și 30,3 g/m^3 . Umiditatea aerului poate fi exprimată și prin raportul dintre conținutul real de vapori de apă și conținutul maxim pe care-l poate absorbi aerul la temperatura θ , ceea ce definește umiditatea sa relativă φ_r , în %:

$$\varphi_r = \frac{\varphi_a}{\varphi_s} 100. \quad (5.90)$$

Conținutul în vapori de apă influențează presiunea atmosferică. Presiunea parțială a vaporilor de apă caracterizează conținutul real în vapori de apă al aerului sau elasticitatea vaporilor de apă notată cu e și exprimată în mm col. Hg sau torr. Elasticitatea sau presiunea vaporilor de apă crește cu umiditatea absolută φ_a și cu temperatura θ a aerului, conform relației:

$$e = p_v = \frac{273 + \theta}{289} \varphi_a = \frac{T}{289} \varphi_a, \quad (5.91)$$

în care $T = 273 + \theta$ este temperatura absolută a aerului, exprimată în K.
În cazul cînd umiditatea absolută a aerului prezintă valoarea maximă $\varphi_{max} = \varphi_s$, în g/m^3 , se obține elasticitatea sau presiunea maximă a vaporilor de apă, notată cu E , în mm col. Hg sau torr, care depinde de temperatura aerului. Umiditatea relativă a aerului φ_r , în %, se poate exprima și în funcție de elasticitatea parțială și maximă (de saturație) a vaporilor de apă, conform expresiei:

$$\varphi_r = \frac{e}{E} 100. \quad (5.92)$$

La verificarea condensului în elementele de construcție interesează calculul elasticității parțiale e folosind relația (5.92), în funcție de umiditatea relativă a aerului, φ_r , în %:

$$e = \frac{E}{100} \varphi_r. \quad (5.93)$$

Valorile elasticităților parțiale ale vaporilor de apă pentru diferite umidități relative ale aerului, cuprinse între 45 și 100 % și pentru temperaturi între -20 și $+20^\circ\text{C}$, variază între 0,35 și 17,53 torr.

Presiunea de saturație a vaporilor de apă poate fi exprimată și în N/m^2 , avînd în vedere relația: 1 mm col. Hg (torr) = 133,3322 N/m^2 .

Valorile presiunilor de saturație ale vaporilor, p_s , în N/m^2 , pentru domeniul de temperaturi $+30 \dots -20^\circ\text{C}$ sînt cuprinse între 4237 și 105 N/m^2 .

Presiunile parțiale ale vaporilor de apă din aerul interior p_{vi} și respectiv exterior, p_{ve} , în N/m^2 , se calculează cu relațiile:

$$p_{vi} = \frac{p_s \varphi_i}{100}; \quad p_{ve} = \frac{p_s \varphi_e}{100}. \quad (5.94)$$

în care p_s este presiunea de saturație a vaporilor de apă, corespunzătoare temperaturii θ_i a aerului interior și respectiv, θ_e a aerului exterior, iar φ_i , φ_e — umiditățile relative ale aerului interior și respectiv, exterior.

5.11.4. UMIDITATEA MATERIALELOR DE CONSTRUCȚII

Materialele și elementele de construcție pot reține apa în masa lor sub următoarele forme:

— *apă de construcție*, legată prin combinații chimice de moleculele materialelor;

— *apă de structură sau hidratare*, care participă la cristalizarea unor materiale;

— *apă higroscopică*, absorbită sau adsorbită de materiale sub formă capilară.

Apa poate fi prezentă în cavitățile materialelor și prin reținere mecanică, fără adeziune, datorită infiltrațiilor din ploi sau ca urmare a fenomenelor de condens la suprafața sau în masa elementelor de construcție. În condiții similare de temperatură și umiditate, materialele pot reține cantități diferite de apă. Materialele care pot lega apa prin absorbție, adică direct din faza gazoasă (aer) se numesc *higroscopice*. Umiditatea higroscopică este normală pentru elementele de construcție; ea depinde de umiditatea aerului și nu influențează, în general, durabilitatea materialelor de rezistență din construcții. O sensibilitate mare prezintă materialele ușoare, termoizolante, care se pot degrada la umidități mari ale aerului. Valorile umidității higroscopice (de sorbție) a materialelor de construcție, care interesează practic, prezintă variații între 0,08 și 36,6 %, în funcție de temperatura și umiditatea relativă a aerului. În figura 5.28 se ilustrează în mod sugestiv formele de legătură mecanică a apei în elementele de construcție.

Umiditatea totală a unui material este alcătuită din umiditatea de sorbție (higroscopică) și umiditatea liberă, conform schemei din figura 5.29 [44]. Umiditatea liberă este determinată de contactul direct al materialului cu apa în stare lichidă sau din condensarea vaporilor. Umiditățile de echilibru care se

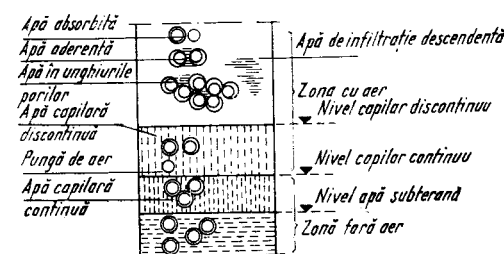


Fig. 5.28. Formele de legătură mecanică a apei în elementele de construcție.

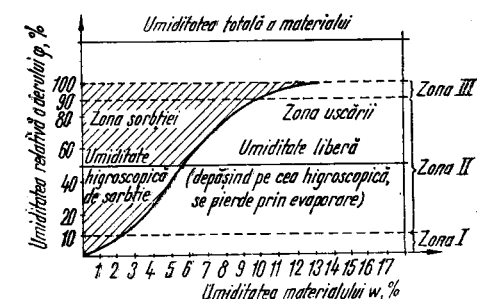


Fig. 5.29. Variația și starea umidității materialelor în procesul de umezire-uscăre.

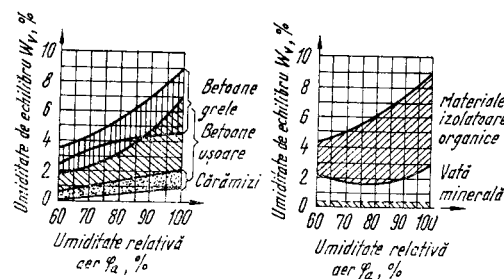


Fig. 5.30. Umidități de echilibru pentru diverse materiale de construcție.

stabilesc pentru diferite materiale (cărămizi, betoane ușoare, betoane grele, vată minerală și materiale izolatoare organice) sint prezentate în graficele din figura 5.30 și nu depășesc 9%, raportat la volum, pentru umiditatea relativă a aerului de 100%.

Umiditatea unui material poate fi exprimată prin raportarea cantității de apă la masă sau volum. Umiditatea gravimetrică, raportată la masa materialului, se exprimă cu relația:

$$W_{ga} = \frac{m_u - m_o}{m_o} 100 = \frac{m_a}{m_o} 100, \quad (5.95)$$

în care; W_{ga} este umiditatea gravimetrică absolută, în %;
 m_u — masa materialului în stare umedă, în g;
 m_o — masa materialului în stare uscată, în g;
 m_a — masa apei, în g.

Umiditatea volumetrică W_v , în %, se exprimă cu relația:

$$W_v = \frac{V_a}{V_m} 100, \quad (5.96)$$

în care V_a este volumul de apă din material, iar V_m — volumul materialului.

5.11.5. CARACTERISTICILE MATERIALELOR PRIVIND DIFUZIA VAPORILOR DE APĂ

Pentru caracterizarea materialelor de construcție sub aspectul permeabilității la vaporii de apă se poate folosi noțiunea de rezistență la permeabilitate la vaporii, R_{vk} , a unui element omogen de construcție, de grosime d_k , exprimată în m/s, conform relației:

$$R_{vk} = d_k \frac{R_D T_{mk}}{K_{Dk} D} = \frac{M_k}{K_{Dk}}, \quad (5.97)$$

în care: d_k este grosimea elementului omogen de construcție, în m;
 R_D — constanta caracteristică a gazului perfect pentru vaporii de apă, în J/kg K;
 T_{mk} — temperatura absolută medie a elementului de construcție, în K;
 $1/K_{Dk}$ — factorul rezistenței la permeabilitate la vaporii a stratului de material considerat;

D este coeficientul de difuzie a vaporilor de apă în aer, exprimat în m^2/s ;
 M_k — coeficient care variază în funcție de temperatura medie θ_m , a stratului de material.

Pentru caracterizarea materialelor de construcție sub aspectul permeabilității la vaporii de apă se poate folosi și noțiunea de conductivitate la vaporii δ , exprimată în kcal/m h torr, definită de expresia:

$$\delta = \frac{K_D D}{R_D T_m}. \quad (5.98)$$

5.11.6. CONDENSAREA VAPORILOR DE APĂ ÎN CONSTRUCȚII

Procesul de trecere a apei din faza gazoasă în faza lichidă are loc prin condensare, atunci cînd prin coborîrea temperaturii aerului sau prin creșterea concentrației vaporilor de apă în aer se obține presiunea de saturație. Punctul de rouă τ_r , în $^{\circ}C$, al aerului umed la temperatura θ și presiunea totală p a acestuia, caracterizat printr-un anumit raport de amestec între aer și vaporii de apă (g vaporii / g aer), reprezintă temperatura la care trebuie răcit aerul, sub presiune constantă pentru ca să devină saturat.

Condensul pe suprafața elementelor de construcție depinde de gradul de ventilare a aerului din încăperi, de mișcarea aerului din exterior, de variația temperaturii și umidității aerului interior, de omogenitatea constructivă a

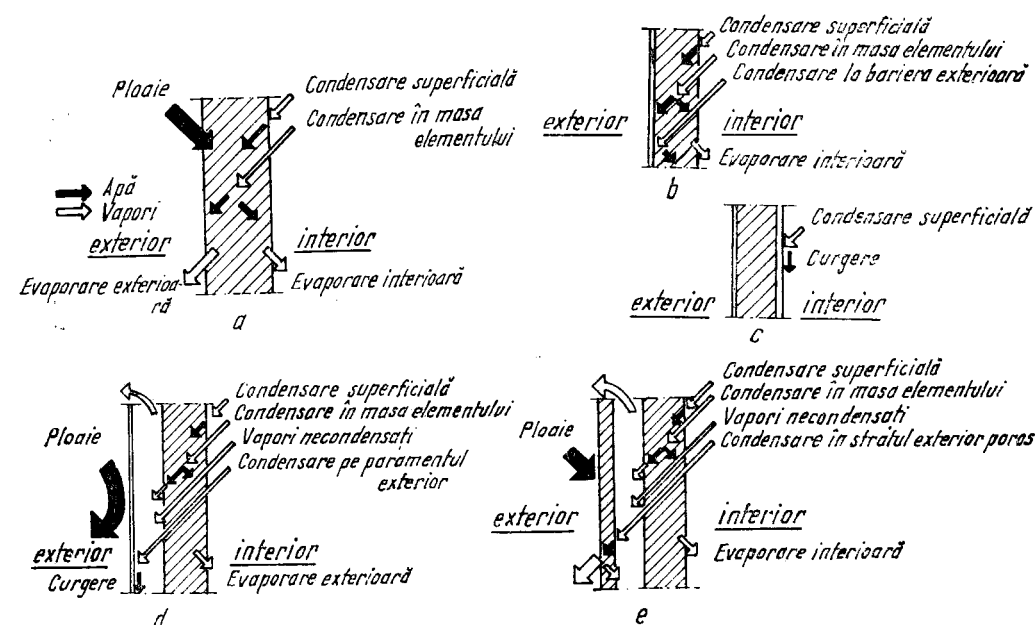


Fig. 5.31. Condensarea vaporilor de apă în masa elementelor de construcție:
a — la structuri omogene; b — la structuri cu lărie etanșe la exterior; c — la structuri cu barieră etanșe la interior; d — la structuri cu strat de aer ventilat și cu strat exterior etanș; e — la structuri cu strat de aer ventilat și cu strat exterior poros.

pereților și teraselor. La structuri neomogene, cu punți termice, condensul se poate produce în dreptul punților datorită temperaturii mai coborîte a elementelor de construcție în aceste zone. Formarea condensului pe suprafețele interioare ale elementului de construcție este influențată și de caracteristicile finisajelor.

Condensarea vaporilor în masa elementelor de construcție (pereți, terase), depinde de soluția constructivă (structură omogenă sau neomogenă), de etanșeitatea suprafeței interioare la acțiunea vaporilor de apă și etanșeitatea suprafeței exterioare la acțiunea directă a apei din intemperii (fig. 5.31). La structuri omogene, procesul de migrare a apei este permanent, ca urmare a condensărilor și evaporărilor în masa și la suprafața elementelor; barierele etanșe la exterior sau la interior favorizează formarea condensului în structurile respective. La umidități mari sînt indicate structuri cu straturi de aer ventilat care să asigure, prin comunicare cu aerul exterior, eliminarea vaporilor de apă din elementele de construcție.

5.11.7. CALCULUL LA UMIDITATE AL CONSTRUCȚIILOR

5.11.7.1. Rezistența la permeabilitatea la vaporii de apă a elementelor de construcție, în regim staționar. Sub influența diferenței de presiune a vaporilor de apă din aerul interior, p_{vi} , față de elasticitatea vaporilor de apă din aerul exterior, p_{ve} , are loc fenomenul de difuzie a vaporilor de apă, în funcție de permeabilitatea la vaporii a elementelor de construcție, de alcătuirea lor constructivă și de condițiile de climă.

În condițiile de regim staționar de umiditate ($p_{vi} = \text{const.}$, $p_{ve} = \text{const.}$), difuzia vaporilor de apă în elementele de construcție omogene (fig. 5.32) este condiționată de rezistența la trecerea vaporilor la suprafața interioară, R_{vi} , rezistența la trecerea vaporilor prin elementul de construcție, R_v , și rezistența la trecerea vaporilor de apă de la suprafața exterioară a elementului de construcție la aerul exterior, R_{ve} . Rezistența totală R_{ov} , la trecerea vaporilor de apă, în m/s, printr-un element de construcție este dată de relația:

$$R_{ov} = R_{vi} + R_v + R_{ve} = \frac{1}{\beta_i} + R_v + \frac{1}{\beta_e} = \frac{1}{K_{ov}}; \quad (5.99)$$

în care: R_{vi} este rezistența la trecerea vaporilor de apă de la aerul interior la suprafața interioară a elementului de construcție exterior, în m/s, β_i fiind coeficientul de trecere a vaporilor de apă la suprafața interioară;

R_{ve} — rezistența la trecerea vaporilor de apă de la suprafața exterioară a elementului de construcție la aerul exterior, în m/s, β_e fiind coeficientul de trecere a vaporilor de apă la suprafața exterioară;

R_v — rezistența la trecerea vaporilor de apă de la suprafața interioară a elementului de construcție la suprafața exterioară, în m/s;

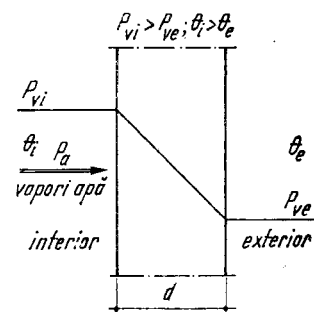


Fig. 5.32. Variația presiunii vaporilor de apă prin structuri omogene.

K_{ov} — coeficient de transfer al vaporilor de apă prin elementul de construcție, în s/m.

La elemente omogene, rezistența la permeabilitatea la vaporii de apă, care este o caracteristică a elementului de construcție, se poate prezenta sub forma:

$$R_{ov} = R_{vi} + R_v + R_{ve} = R_{vi} + d \frac{1}{K_D} M + R_{ve} = \frac{1}{K_{ov}}. \quad (5.100)$$

În STAS 6 472—74 sînt prezentate valorile $1/K_D$ și d/K_D , ale unor materiale sub formă de straturi subțiri, foi, în funcție de grosimea lor, folosite la alcătuirea pereților și teraselor. Deoarece $R_{vi} + R_{ve}$ reprezintă valori mici, practic se admite:

$$R_{ov} = R_v = d \frac{1}{K_D} M = \frac{1}{K_v}. \quad (5.101)$$

La elemente de construcție alcătuite din mai multe straturi, neglijîndu-se rezistențele de suprafață, la trecerea vaporilor, rezistența totală la permeabilitatea la vaporii se calculează cu expresia:

$$R_v = \frac{1}{K_v} \cong R_{v1} + R_{v2} + \dots + R_{vn} = \sum d_k \frac{1}{K_{Dk}} \frac{R_D T_{mk}}{D} = \sum d_k \frac{1}{K_{Dk}} M_k. \quad (5.102)$$

Presiunea parțială a vaporilor de apă, pe suprafața unui strat k , este dată de relația:

$$p_{ik} = p_{vi} - \frac{p_{vi} - p_{ve}}{R_v} \sum R_{rk} = p_{vi} - \frac{\Delta p_v}{R_v} \sum R_{rk}. \quad (5.103)$$

Reprezentarea grafică a curbei presiunii vaporilor de apă se poate face la scara grosimilor, în cm și se prezintă în acest caz ca o linie frîntă (fig. 5.33) sau la scara rezistențelor la permeabilitatea la vaporii de apă, reprezentîndu-se ca o linie dreaptă (fig. 5.34).

Cantitatea de vaporii de apă sau debitul specific de vaporii de apă, p_a , în kg/m²h, care trece printr-un element de construcție în regim staționar, se poate calcula cu expresia:

$$p_a = 3600 \frac{p_{vi} - p_{ve}}{R_v} = 3600 \frac{\Delta p_v}{R_v}. \quad (5.104)$$

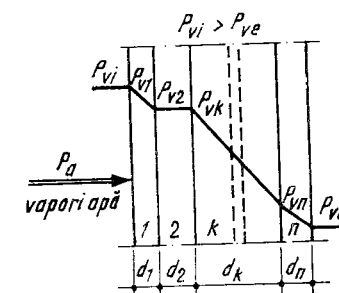


Fig. 5.33. Reprezentarea grafică a curbei presiunii vaporilor de apă, la scara grosimilor.

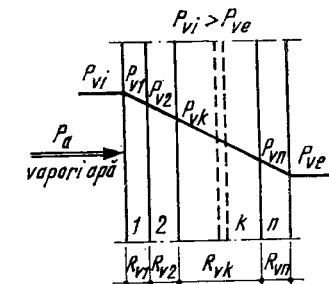


Fig. 5.34. Reprezentarea grafică a curbei presiunii vaporilor de apă, la scara rezistențelor la permeabilitate la vaporii de apă.

5.11.7.2. **Calculul la condens pe suprafața interioară a elementelor de construcție.** Condiția de evitare a condensului se asigură dacă este verificată relația :

$$\theta_{si} > \tau_r. \quad (5.105)$$

În acest scop este necesar să se calculeze temperatura θ_{si} a suprafeței interioare a elementului de construcție exterior, cu ajutorul expresiei :

$$\theta_{si} = \theta_i - m \frac{R_i}{R_0} (\theta_i - \theta_e), \quad (5.106)$$

în care m este coeficientul de masivitate termică a elementului de construcție. La pereți omogeni :

$$R_0 = R_i + R + R_e = \frac{1}{\alpha_i} + \frac{d}{\lambda b} + \frac{1}{\alpha_e}. \quad (5.107)$$

La pereți neomogeni :

$$R_0 = R_i + \sum R_k + R_e = \frac{1}{\alpha_i} + \sum \frac{d_k}{\lambda_k b_k} + \frac{1}{\alpha_e}. \quad (5.108)$$

Cunoscându-se temperatura aerului interior, θ_i și umiditatea relativă a aerului interior, φ_{ri} , se poate determina temperatura de rouă, τ_r , pentru care această umiditate saturează aerul și determină condensarea vaporilor de apă.

Valorile temperaturilor de rouă pentru diferite temperaturi și umidități relative ale aerului interior sînt prezentate în STAS 6 472-74.

Dacă inegalitatea (5.105) nu este satisfăcută, este necesar a se mări rezistența termică a elementului de construcție, R_0 , intervenind asupra grosimii sau naturii stratului termoizolant.

5.11.7.3. **Calculul condensului în interiorul elementelor de construcție.** Calculul la condens, în regim staționar, presupune determinarea curbei temperaturilor, stabilirea curbei elasticităților (presiunilor parțiale) vaporilor de apă în elementul de construcție și a curbei presiunilor de saturație a vaporilor, de apă pentru condițiile : $\theta_i = \text{const.}$, $\theta_e = \text{const.}$, $\varphi_i = \text{const.}$, $\varphi_e = \text{const.}$

Pentru verificarea condensului în interiorul elementelor de construcție, se determină :

— valorile temperaturilor θ (fig. 5.35), cunoscînd că într-o secțiune la distanța x de la fața interioară a elementului de construcție, temperatura θ_x se poate calcula cu expresia :

$$\theta_x = \theta_i - m \frac{R_x}{R_0} (\theta_i - \theta_e), \quad (5.109)$$

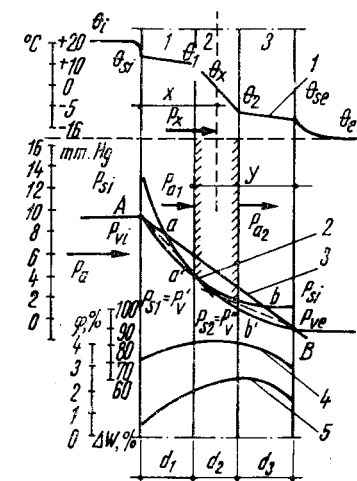


Fig. 5.35. Verificarea la condens a elementelor de construcție :

1 - curba temperaturilor θ ; 2 - curba presiunilor de saturație p_{si} ; 3 - curba presiunilor parțiale ale vaporilor p_{vi} ; 4 - curba umidității relative a aerului în structura peretelui φ ; 5 - curba umidității de sorbtie a elementelor de construcție ΔW .

în care R_x este rezistența termică la transmisia căldurii în secțiunea x , în $\text{m}^2\text{k/W}$, calculată cu relația :

$$R_x = R_i + \frac{d_1}{b_1 \lambda_1} + \frac{x}{b_2 \lambda_2}; \quad (5.110)$$

— valorile presiunilor de saturație, p_{vs} , în N/m^2 , ale vaporilor de apă corespunzătoare valorilor temperaturilor θ_i , θ_{si} , θ_1 , θ_2 , θ_{se} , θ_e în elementul de construcție ;

— curba elasticității (presiunilor parțiale), p_v ale vaporilor de apă plecînd de la elasticitatea p_{vi} , corespunzătoare umidității relative a aerului interior φ_{ri} și p_{ve} , corespunzătoare umidității relative a aerului exterior φ_{re} . Micșorarea elasticității vaporilor de apă, Δp_{vx} , în N/m^2 , în elementul de construcție se calculează cu relația :

$$\Delta p_{vx} = \frac{R_{vi} + R_{vx}}{\sum_{k=1}^n R_{vk}} (p_{vi} - p_{ve}), \quad (5.111)$$

în care p_{vx} este căderea presiunilor parțiale ale vaporilor de apă pînă în stratul x , în N/m^2 ; $R_{vi} + R_{vx}$ — rezistența la permeabilitatea la vaporii de apă pînă la stratul x , în m/s ;

— valorile umidităților relative, φ_r , ale aerului din elementele de construcție pe baza relației :

$$\varphi_r = \frac{p_v}{p_s} 100. \quad (5.112)$$

Pentru evitarea condensului este necesar ca în orice secțiune a elementului de construcție să fie îndeplinită inegalitatea :

$$p_{vx} < p_{vs}. \quad (5.113)$$

Verificarea condensului în masa elementului de construcție se poate face și pe cale grafică, construindu-se la o anumită scară curbele p_v și p_{vs} . În cazul cînd curbele p_v și p_{vs} se intersectează, rezultă că are loc fenomenul de condens. Delimitarea zonei de condens se realizează prin tangentele $p_{vi} p_{s1}$ (Aa) și $p_{ve} p_{s2}$ (Bb) la curba presiunilor de saturație care delimitează curba reală a presiunilor, avînd în vedere faptul că, în cazul condensului, zona $a-b$ din curba $p_{vi} - p_{ve}$ nu mai are sens fizic. Condensarea vaporilor are loc în limitele $a'b'$ care corespund valorilor $p'_v = p_{s1}$ și $p''_v = p_{s2}$, ce rezultă ducînd tangentele din A și B la curba presiunilor de saturație.

Cantitatea totală de vaporii de apă m_w , în kg/m^2 , ce se poate acumula în elementul de construcție în perioada de iarnă, se calculează, conform STAS 6 472-74, cu expresiile :

— în cazul cînd zona de condens este redusă la o suprafață de condens :

$$m_w = 3\,600 \left(\frac{p_{vi} - p_s}{R_v} - \frac{p_s - p_{ve}}{R_v'} \right) N_w; \quad (5.114)$$

— în cazul cînd zona de condens are o grosime finită :

$$m_w = 3\,600 \left(\frac{p_{vi} - p_{s1}}{R'_v} - \frac{p_{s2} - p_{ve}}{R''_v} \right) N_w, \quad (5.115)$$

în care N_w este numărul de ore în care poate avea loc condensul, în h ;

R'_v, R''_v — rezistențele la permeabilitatea la vapori a părții elementului de construcție dintre suprafața interioară și suprafața de condens și respectiv dintre suprafața de condens și suprafața exterioară a elementului de construcție, în m/s ;

p_{s1}, p_{s2} — presiunile parțiale ale vaporilor de apă pe suprafața dinspre interior și respectiv, spre exterior a zonei de condens, în N/m².

Limitarea creșterii umidității elementelor și materialelor de construcție și determinarea gradului de umiditate a elementelor de construcție se bazează pe următoarele considerații :

— cantitatea de apă m_w , provenită din condensarea vaporilor în masa elementului de construcție în perioada rece a anului, trebuie să fie mai mică decît cantitatea de apă m_v , ce s-ar putea evapora în perioada caldă a anului, adică :

$$m_w - m_v < 0 ; \quad (5.116)$$

— creșterea umidității masice a elementului, Δw , la sfîrșitul perioadei de condensare, nu trebuie să depășească valorile maxime admisibile, Δw_{adm} , prezentate în STAS 6 472—74, deci :

$$\Delta W = \frac{m_w}{10\rho d_w} \leq \Delta W_{adm}, \quad (5.117)$$

în care ρ este densitatea aparentă a materialului care s-a umezit prin condensarea vaporilor, iar d_w — grosimea stratului în care se acumulează umiditatea, care, pentru structurile uzuale de pereți și terase, se ia conform datelor din figura 5.36.

Cantitatea de vapori de apă ce s-ar putea evapora în condiții de vară, se calculează cu una din relațiile :

— în cazul cînd zona de condens este redusă la o suprafață de condens :

$$m_v = 3\,600 \left(\frac{p_{vi} - p_s}{R'_v} + \frac{p_s - p_{ve}}{R''_v} \right) N_v ; \quad (5.118)$$

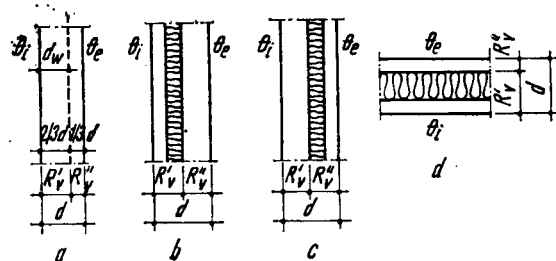


Fig. 5.36. Stabilirea grosimii d_w a stratului în care se acumulează vapori de apă :

a — perete omogen ; b — perete neomogen cu stratul de masă mare la exterior ; c — perete neomogen cu stratul de masă mare la interior ; d — acoperiș terasă.

— în cazul cînd zona de condens are o grosime finită :

$$m_v = 3\,600 \left(\frac{p_{vi} - p_{s1}}{R'_v} + \frac{p_{s2} - p_{ve}}{R''_v} \right) N_v, \quad (5.119)$$

în care N_v este numărul de ore în care poate avea loc eliminarea apei de condens în condiții de vară.

5.12. SCHIMBUL DE AER ÎN CONSTRUCȚII

Permeabilitatea la aer a elementelor de construcție caracterizează schimbul de aer pe cale naturală între încăperile clădirilor și mediul ambiant și interesează la aprecierea capacității de ventilare cerută de asigurarea condițiilor de confort și de tehnologie. Un om adult consumă în condiții normale de temperatură 20 ... 25 litri de oxigen pe oră, atunci cînd efectuează un lucru mecanic mijlociu (5 000 daN m/h) [46], [104].

Ținînd seama de cerințele igienice pentru clădirile civile și social-culturale și de cerințele tehnologice în încăperile de producție, este necesar ca aerul interior să-și păstreze compoziția sa în limitele admisibile. Aerul natural inspirat de om se compune din oxigen 20,9 %, azot și argon 78,77 %, acid carbonic 0,35 % și o cantitate variabilă de vapori de apă. Aerul expirat conține 4,4 % acid carbonic, 15,4 % oxigen, 78,11 % azot și argon și este saturat cu vapori de apă.

Pentru asigurarea condițiilor de viață este indicat ca oxigenul din aer să nu coboare sub 17 %. La procentul de 11 % oxigen în aer, omul rezistă o durată limitată. Limita maximă privind cantitatea de bioxid de carbon pe care o poate conține aerul dintr-o încăpere pentru a permite viața omului, pe durată limitată, este de 4 %, iar la durată mai mare, limită maximă este de 1...2 %. La un confort superior, conținutul aerului în bioxid de carbon trebuie să fie sub 0,003 %.

Pentru asigurarea condițiilor normale în încăperi, în ceea ce privește compoziția aerului, este necesar ca ventilarea pe cale naturală să asigure următoarele schimburi pe oră ale volumului de aer din încăperi, în funcție de destinația acestora :

- bucătărie (2...3) V/h ;
- baie, duș (2...3) V/h ;
- grup sanitar în locuințe 25 m³/secaun ;
- cameră de locuit (0,5...0,75) V/h.

La structurile tradiționale de pereți din zidării ceramice, datorită porozității naturale a materialelor ceramice se asigură ventilația naturală a încăperilor, fără o preocupare specială prin proiectare. Adoptarea unor structuri noi, bazate pe folosirea betonului vibrat și a structurilor din materiale impermeabile face ca problema permeabilității la aer a elementelor de construcție să fie mai complicată.

5.12.1. BAZA FIZICĂ A SCHIMBULUI DE AER DIN ÎNCĂPERI

Schimbul de aer dintre încăperile unei construcții și mediul înconjurător se produce datorită diferenței de presiune dintre aerul interior și cel exterior. Diferența de presiune Δp dintre aerul interior și exterior poate fi de natură

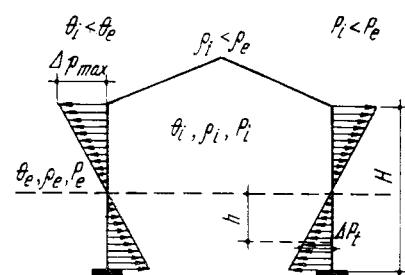


Fig. 5.37. Variația presiunii aerului pe înălțimea unei încăperi.

termică sau determinată de impactul produs de acțiunea vântului pe suprafața exterioară a elementului de construcție.

Presiunea termică, Δp_t , exprimată în Pa, provine din faptul că la aceeași presiune barometrică, aerul exterior este mai greu, fiind mai rece, în comparație cu aerul interior care este mai cald. Datorită diferenței de temperatură și deci de greutate, ia naștere o diferență de presiune (fig. 5.37), care la distanța h de axa neutră prezintă valoarea :

$$\Delta p_t = gh(\rho_e - \rho_i) = gh \rho_0 \left(\frac{1}{T_e} - \frac{1}{T_i} \right) T_0, \quad (5.120)$$

în care g este accelerația gravitației, egală cu $9,80665 \text{ m/s}^2$; h — distanța de la planul neutru pînă la secțiunea considerată, în m;

$$\rho_0 = 1,293 \text{ kg/m}^3 \text{ și } T_0 = 273,15 \text{ K};$$

T_i , T_e — temperaturile absolute ale aerului exterior și respectiv interior, în K.

Greutatea specifică a aerului ρ_a se poate calcula în funcție de temperatură, cu relația :

$$\rho_a = \frac{1,293}{1 + \frac{\theta_a}{273}}. \quad (5.121)$$

În cazul cînd ferestrele nu sînt deschise și elementele de construcție au aceeași permeabilitate, pe toată înălțimea, diferența maximă de presiune rezultă :

$$\Delta p_{max} = 0,5 hg \rho_a \left(\frac{1}{T_e} - \frac{1}{T_i} \right) T_0. \quad (5.122)$$

La transformarea unităților de măsură SI și tehnice ale presiunii aerului se au în vedere relațiile :

$$p(\text{daN/m}^2) = 13,595 p(\text{torr});$$

iar în Pascal :

$$1 \text{ mm col. H}_2\text{O} = 1 \text{ daN/m}^2 = 10 \text{ Pascal (Pa)};$$

$$1 \text{ Pa} = 1 \text{ N/m}^2.$$

Presiunea datorită vîntului se calculează cu relația :

$$\Delta p_v = \frac{\eta_1 - \eta_2}{2} \frac{v^2 \rho_a}{2g} = \frac{\eta_1 - \eta_2}{2} \frac{v^2}{2g} \frac{1,293}{1 + \frac{\theta_a}{273}}, \quad (5.123)$$

în care η_1 , η_2 — sînt coeficienții aerodinamici;

v — viteza vîntului, în m/s;

ρ_a — greutatea specifică a aerului, în Kg/m^3 ;

g — accelerația gravitației egală cu $9,81 \text{ m/s}^2$;

θ_a — temperatura aerului exterior, în $^\circ\text{C}$.

Pentru viteza vîntului, ce interesează practic, cuprinsă între 1 și 15 m/s. Δp_v , în mm col. H_2O prezintă valori cuprinse între 0,04 și 9,00 mm col. H_2O .

Presiunea totală a aerului este dată de relația :

$$\Delta p = \Delta p_t + \Delta p_v = gh \rho_0 T_0 \left(\frac{1}{T_e} - \frac{1}{T_i} \right) + \frac{\eta_1 - \eta_2}{2} \frac{v^2}{2g} \frac{1,293}{1 + \frac{\theta_a}{273}}. \quad (5.124)$$

5.12.2. CARACTERISTICILE DE PERMEABILITATE LA AER A ELEMENTELOR DE CONSTRUCȚIE

Permeabilitatea la aer a materialelor de construcție se exprimă prin coeficientul i , de permeabilitate, care reprezintă cantitatea de aer ce trece printr-un cub de material cu latura de 1 m, pe durata de o oră și pentru o diferență de presiune dintre suprafețele opuse, de 1 mm col. H_2O , avînd dimensiunea $\text{kg/m}^3 \text{ h mm col. H}_2\text{O}$ sau s . În STAS 6 472—74 se prezintă valorile coeficienților de permeabilitate la aer a diverselor materiale de construcție.

Permeabilitatea la aer P_a , în $\text{kg/m}^2 \text{ h mm col. H}_2\text{O}$ sau în s/m , a elementului de construcție omogen, de grosime d , este dată de relația :

$$P_a = \frac{i}{d}. \quad (5.125)$$

Rezistența la permeabilitate la aer a unui element omogen de construcție, în $\text{m}^2 \text{ h mm col. H}_2\text{O/Kg}$ sau în m/s , este inversul permeabilității la aer :

$$R_a = \frac{1}{P_a} = \frac{d}{i}. \quad (5.126)$$

Pentru principalele materiale de construcție, rezistențele la permeabilitate la aer prezintă valori cuprinse între 0,2 $\text{m}^2 \text{ h mm col. H}_2\text{O/kg}$ (vată minerală de 5 cm grosime) și 2 000 $\text{m}^2 \text{ h mm col. H}_2\text{O/kg}$ (beton de 10 cm grosime).

Rezistența efectivă la infiltrația aerului, în m/s , prin elementele de construcție exterioare, în mai multe straturi, se calculează cu expresia :

$$R_{a_{ef}} = R_{a_1} + R_{a_2} + \dots + R_{a_n} = \sum_{j=1}^n \frac{d_j}{i_j} = \sum_{j=1}^n R_{a_j}, \quad (5.127)$$

în care R_{a_j} este rezistența efectivă la infiltrația aerului a unui strat component, în m/s .

Debitul specific de aer m_a , în kg/s, ce trece printr-un element de construcție, influențând confortul, este dat de relația :

$$m_a = i S \frac{\Delta P}{d} = \frac{\Delta P}{R_{a_{ef}}} S, \quad (5.128)$$

în care ΔP este diferența de presiune dintre aerul interior și exterior, în Pa, iar S — suprafața elementului exterior de construcție, în m^2 .

5.12.3. CALCULUL PERMEABILITĂȚII LA AER A CONSTRUCȚIILOR

La calculul permeabilității la aer a construcțiilor intervine în primul rînd aspectul limitării schimbului de aer, dintre interiorul și exteriorul încăperilor, pentru ca pierderile de căldură ale elementelor exterioare de construcție să nu depășească 5% pentru construcții civile și de locuit și 10% pentru construcții industriale.

În acest scop este necesar să se asigure respectarea relației :

$$R_{a_{ef}} \cong R_{a_{nec}}, \quad (5.129)$$

în care $R_{a_{nec}}$ este rezistența necesară la permeabilitatea la aer a elementelor exterioare de construcție care se calculează în funcție de rezistența termică necesară $R_{o_{nec}}$, în m^2K/W și de viteza v a vîntului, în m/s.

Pentru pereții exteriori, acoperișurile-terasă și planșeele peste gangurile clădirilor publice și de locuit, $R_{a_{nec}}$, se determină cu relația :

$$R_{a_{nec}} = n v^2 R_{o_{nec}}, \quad (5.130)$$

în care n este un factor egal cu 3 530 pentru clădirile publice și de locuit încălzite și cu 1 765 pentru clădirile industriale încălzite, iar v — viteza de calcul a vîntului din zona geografică respectivă, însă minimum 5 m/s.

Folosirea pereților exteriori cu o permeabilitate la aer mai mare de $0,4 m^3/m^2h$, pentru o diferență de presiune a aerului de 1 mm col. H_2O , este neindicată.

5.13. PROIECTAREA HIGROTERMICĂ A ELEMENTELOR DE CONSTRUCȚII

5.13.1. CONSIDERAȚII GENERALE

Una din problemele fundamentale ale dezvoltării actuale și de perspectivă a clădirilor și construcțiilor, se referă la consumul de energie și combustibil la investiție și exploatare.

În acest sens, prezintă interes deosebit capacitatea de izolare termică a materialelor și elementelor de construcție, forma clădirilor și condițiile ventilării naturale ale acestora.

Pentru aprecierea globală a calității termice a unei clădiri, se poate lua în considerare coeficientul volumic de transfer al clădirii K_v , în kcal/ m^3h , definit de expresia :

$$K_v = \frac{\sum K_i S_i \Delta \theta + 0,35 V n \Delta \theta}{V}, \quad (5.131)$$

în care K_i este coeficientul general de transfer al căldurii pentru elementul exterior de construcție S_i , în kcal/ $m^2h^\circ C$;

S_i — suprafața elementului exterior de construcție (perete, acoperiș, fereastră), cu coeficient diferit de transfer al căldurii, în m^2 ;

$\Delta \theta$ — diferența totală de temperatură pentru calculul pierderilor de căldură ale clădirilor conform STAS 1 907—72 în $^\circ C$;

0,35 — căldura specifică a aerului, în kcal/ $^\circ C m^3$;

V — volumul clădirii în m^3 ;

n — numărul de schimburi orare de aer, necesare din cerințe biologice.

Astfel, la clădiri de locuit cu 5 niveluri, cantitatea de căldură necesară încălzirii unui apartament, este variabilă cu lățimea clădirii între 5 400 kcal/h pentru 9 m și 2 500 kcal/h pentru 24 m.

Pentru blocuri punct, cantitatea de căldură consumată pentru încălzirea unui apartament este de 6 000 kcal/h și scade sensibil pînă la 1 200 kcal/h, pentru blocurile tip bară.

Criteriul abordat privind economia de energie și combustibil la încălzire este determinat de reducerea transferului de căldură prin elementele exterioare ale clădirii (pereți, acoperișuri, tîmplărie). Criteriul de rezistență termică minimă necesară definit de STAS 6 472—74, nu poate constitui un criteriu de rezistență optimă sub aspectul economiei de energie în exploatarea clădirilor.

La structuri de pereți omogeni, calitatea de rezistență termică rezultă din luarea în considerare a expresiei R_o , în $m^2h^\circ C/kcal$:

$$R_o = 0,193 + \frac{d}{\lambda}; \quad (5.132)$$

Pentru obținerea valorii maxime R_o se are în vedere alegerea corespunzătoare a materialului, astfel încît λ să prezinte valori minime în raport și cu cerințele de rezistență mecanică a elementelor considerate. Limitele de variație ale grosimii d a peretelui omogen sint relativ mici, determinate de considerente constructive și tehnologice.

La structuri de elemente în mai multe straturi, se poate acționa asupra caracteristicilor λ_{iz} ale materialului termoizolant prin alegerea judicioasă a acestuia cît și asupra grosimii izolației, d_{iz} .

Grosimea termoizolației se poate optimiza din condiția ca S din expresia (5.133) să prezinte valoare minimă :

$$S = C + I + n E, \quad (5.133)$$

în care : S reprezintă costul total comparabil, în lei/ m^2 ;

C — costul elementului de construcție care variază cu gradul de protecție termică, în lei / m^2 ;

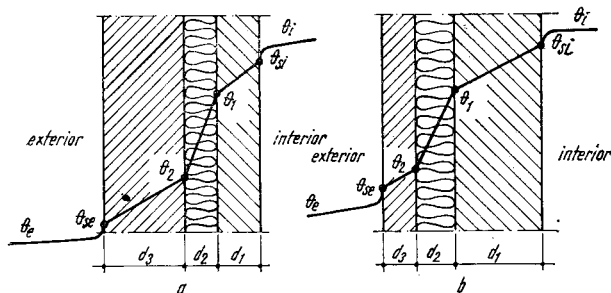


Fig. 5.38. Influența poziției izolației termice la pereți în trei straturi:
a — cu izolație termică dispusă la interior; b — cu izolația termică dispusă la exterior.

multe straturi, rezultă analitic aceeași ca valoare, independent de poziția straturilor în structură, corespunzătoare relației:

$$R_{oef} = \frac{1}{\alpha_i} + \sum \frac{d_K}{b_K \lambda_K} + \frac{1}{\alpha_e}. \quad (5.134)$$

Datorită faptului că în realitate exploatarea clădirilor are loc în regim staționar de temperatură, este necesar a se lua în considerare și alte aspecte care condiționează comportarea higrotermică a elementelor de construcție. Astfel, la structuri de pereți în trei straturi, dacă izolația termică este dispusă la interior (fig. 5.38, a), diferența de temperatură pe grosimea izolației, $\Delta\theta_{iz} = \theta_1 - \theta_2$ este maximă în raport cu căderile de temperatură în straturile de beton. Stratul interior de beton este mai cald iar structura elementului de construcție este judicioasă la sisteme de încălzire discontinuă. În cazul izolației termice dispusă spre exterior (fig. 5.38, b), diferența de temperatură $\Delta\theta = \theta_{si} - \theta_1$ în stratul portant este minimă, stratul de masă mare este mai cald, iar structura elementului apare mai judicioasă la sisteme de încălzire continuă. Stratul termic dispus spre exterior protejează stratul rigid de beton, atât de acțiunea înghețului cât și de radiația solară.

Astfel, la încăperi cu durată mică de utilizare, apare în principiu indicată structura de perete cu stratul de izolație termică dispus la interior (fig. 5.39, a),

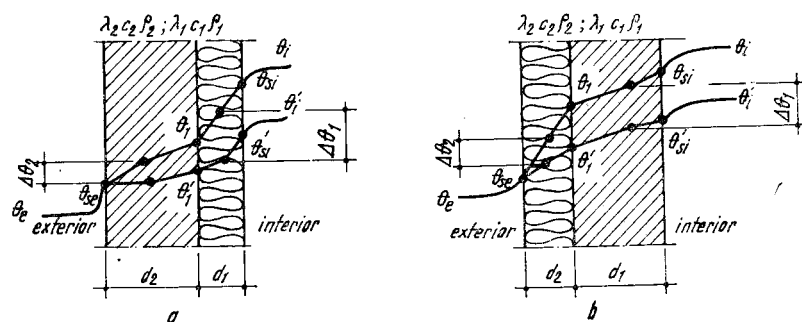


Fig. 5.39. Capacitatea de acumulare termică a peretelui în două straturi, cu stratul de izolație termică dispus:
a — la interior; b — la exterior.

I este cota parte din costul instalației de încălzire centrală, în lei/m²;
 n — numărul de ani de calcul;
 E — costurile anuale de exploatare pentru instalația de încălzire, în lei/m² an.

În condițiile analizei comportării termice în regim staționar, rezistența termică a unui element de construcție (perete, terasă), în mai

deoarece capacitatea de acumulare termică a acestui strat este redusă, iar ridicarea temperaturii este rapidă:

$$A_1 = \lambda_1 c_1 \rho_1 d_1 \Delta\theta_1 < \lambda_2 c_2 \rho_2 d_2 \Delta\theta_2. \quad (5.135)$$

La încălzire continuă este indicată structura cu stratul de mare acumulare dispus la interior (fig. 5.39, b), deoarece în acest caz se verifică inegalitatea:

$$A_1 = \lambda_1 c_1 \rho_1 d_1 \Delta\theta_1 > \lambda_2 c_2 \rho_2 d_2 \Delta\theta_2. \quad (5.136)$$

Creșterea rezistenței termice a ferestrelor se poate obține prin adoptarea de timplărie cu 3 și 4 rinduri de geamuri, separate cu straturi de aer de 1...4 cm și prin etanșarea perfectă a rosturilor dintre toc și perete, cercevea și perete, geam și cercevea. Creșterea etanșeității ferestrelor implică măsuri adecvate privind ventilarea naturală a încăperilor în mod organizat, în raport cu condițiile și cerințele de exploatare.

Din punctul de vedere al migrației vaporilor de apă din interior spre exterior, comportarea elementului de construcție depinde de poziția stratului termoizolant. În cazul structurii cu termoizolația dispusă la interior (fig. 5.40), difuzia vaporilor de apă spre exterior este limitată, deoarece betonul se opune în mai mare măsură la trecerea vaporilor de apă în comparație cu stratul de izolație termică, fiind posibilă acumularea lor în secțiunea $S-S$.

Structura de perete, cu izolația termică dispusă la exterior (fig. 5.41), este nu numai cea mai indicată din punct de vedere termic, dar prezintă avantaje și sub aspectul difuziei vaporilor de apă.

La structuri de pereți cu materiale etanșe la vaporii de apă, dispuse la exterior, cum sînt sticla, metalul, azbocimentul, PVC-ul ondulat, poliesterul ondulat, fibrocimentul (fig. 5.42), eliminarea excesului de umiditate se realizează prin ventilarea naturală a canalelor verticale de aer, dispuse spre exterior, în comunicație la partea superioară și inferioară a elementului, cu mediul ambiant.

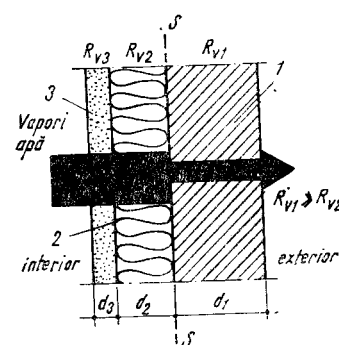


Fig. 5.40. Difuzia vaporilor de apă printr-un perete de beton cu stratul de izolație termică dispus la interior:
1 — strat din beton; 2 — izolație termică; 3 — tencuială interioară.

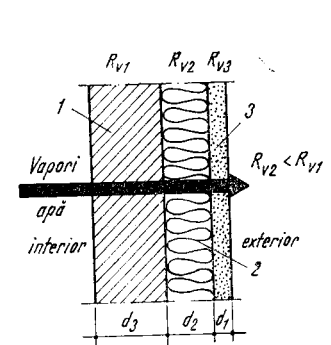


Fig. 5.41. Difuzia vaporilor de apă printr-un perete de beton cu stratul de izolație termică dispus la exterior:
1 — strat de beton; 2 — izolație termică; 3 — tencuială exterioră.

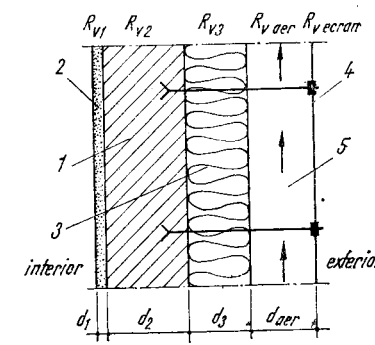


Fig. 5.42. Perete cu strat de aer ventilat:
1 — strat de beton armat; 2 — tencuială interioară; 3 — izolație termică; 4 — strat exterior impermeabil (sticlă, metal, materiale plastice, azbociment); 5 — strat de aer ventilat.

La încăperi cu umidități mari interioare, peste 75%, se dispune pe partea caldă a peretelui un ecran para-vapori, alcătuit din :

- pelicule de vopsea pe bază de ulei, email pe bază de alchidal, vopsea bituminoasă sau bitum la cald, email pe bază de copolimer vinilic, email pe bază de clor-cauciuc;
- folii din carton bitumat, împîslitură din fibre de sticlă bitumată, polietilenă, aluminiu;
- straturi complexe, alcătuite din cartoane și pinze bitumate, împîslituri sau țesături din sticlă bitumată între straturi de bitum etc.

5.13.2. DIMENSIONAREA TERMICĂ A PEREȚILOR

Comportarea higrotermică a pereților depinde de caracteristicile fizice ale materialelor folosite și de modul de alcătuire a structurilor. Pereții omogeni prezintă, în general, o comportare bună din punctul de vedere al rezistenței termice, al permeabilității la vapori de apă și aer, dacă materialele folosite au densitatea aparentă cuprinsă între 1 200 și 1 800 kg/m³, iar condițiile de microclimat sînt în limite obișnuite $\theta_i = 18^\circ\text{C}$, în camere de zi, $\theta_i = 22^\circ\text{C}$ în băi și în construcțiile cu confort sporit și $\varphi_i = 30 \dots 60\%$. În condiții de umiditate mai mare este necesară protecția suprafeței interioare a pereților cu bariere de vapori.

La structuri neomogene de pereți, în mai multe straturi, din materiale cu densități aparente foarte diferite, de la $\rho = 30 \text{ kg/m}^3$, pentru polistiren celular la $\rho = 2\,400 \text{ kg/m}^3$ pentru betonul vibrat, folosit la panouri mari și structuri monolite, în mai multe straturi, trebuie luate în considerare anumite principii relativ la comportarea higrotermică care condiționează exploatarea normală a clădirilor. Aceste principii se referă la rezistența termică minimă, comportarea structurilor în zona punților termice și la colțuri, permeabilitatea la vapori de apă și caracteristicile de amortizare și defazaj ale oscilațiilor termice.

5.13.3. REZISTENȚA TERMICĂ A PEREȚILOR

Pentru asigurarea confortului la clădirile de locuit și social-culturale și în scopul dimensionării economice a instalațiilor de încălzire centrală, este necesar ca pierderile de căldură prin pereți, ferestre și uși să fie în limita unor valori minime. Această cerință implică respectarea inegalității :

$$R_{oc} = \frac{R_o}{m} \geq R_{nec} \quad (5.137)$$

în care R_{oc} este rezistența termică corectată a peretelui, în m²K/W, definită de relația (5.47);

m — coeficient de masivitate avînd valorile date în STAS 6 472—74, între 1,0 și 1,10, în funcție de valorile indicelui inerției termice, conform relațiilor (5.83) și (5.84);

R_{nec} — rezistența termică necesară, în m²K/W.

Rezistența termică necesară se calculează cu expresia :

$$R_{nec} = \frac{(\theta_i - \theta_e) n}{\Delta \theta_{i \max}} R_i, \quad (5.138)$$

în care θ_i este temperatura aerului interior, în funcție de destinația încăperilor, în $^\circ\text{C}$;

θ_e — temperatura convențională de calcul a aerului exterior în $^\circ\text{C}$, conform zonelor climatice din STAS 6 472—74, după care teritoriul țării noastre este împărțit în 3 zone climatice (zona I cu -12°C , zona a II-a cu -15°C , zona a III-a cu -18°C);

n — coeficient care depinde de poziția suprafeței exterioare a elementului de construcție, față de aerul exterior, avînd valori între 0,4 și 1;

$\Delta \theta_{i \max}$ — valoarea diferenței maxime admisibile dintre temperatura aerului interior și temperatura suprafeței interioare a elementului de construcție, în $^\circ\text{C}$, egală cu $\theta_i - \tau_r$, între limitele $4,5 \dots 12^\circ\text{C}$.

Temperatura de rouă τ_r , care intervine la satisfacerea condițiilor de confort, se calculează determinînd presiunea vaporilor de apă din aerul interior, în N/m², cu relația :

$$P_{vi} = \frac{P_s}{100} \varphi_i. \quad (5.139)$$

Folosind datele din STAS 6 472-74, se poate deduce temperatura pentru care presiunea parțială a vaporilor de apă, calculată cu relația (5.139), devine presiune de saturație. Această temperatură corespunde punctului de rouă și reprezintă valoarea de calcul pentru τ_r .

În STAS 6 472—74 sînt prezentate valorile rezistențelor minime necesare la transfer termic, R_{nec} , ale pereților exteriori și ale teraselor la clădiri de locuit, social-culturale și industriale, cu degajări mici și mijlocii de căldură.

Tabelul 5.1

Zona climatică	Temperatura exterioară de calcul θ_e , $^\circ\text{C}$	Rezistența termică necesară $R_{o \text{ nec}}$, m ² K/W
I	-12	0,65
a II-a	-15	0,71
a III-a	-18	0,77

Tabelul 5.2

Zona climatică	Temperatura exterioară de calcul θ_e , $^\circ\text{C}$	Rezistența termică necesară $R_{o \text{ nec}}$, m ² K/W
I	-12	0,53
a II-a	-15	0,58
a III-a	-18	0,64

Pentru clădiri de locuit, spitale, grădinițe de copii, creșe, considerîndu-se $\theta_i = +20^\circ\text{C}$ și $\Delta \theta_{i \max} = 6^\circ\text{C}$, R_{nec} , în funcție de θ_e (pentru zonele climatice I, a II-a și a III-a din R. S. România) rezultă conform datelor din tabelul 5.1.

Pentru clădiri publice, teatre, cinematografe, școli, cluburi, anexe social-culturale, considerîndu-se $\theta_i = +18^\circ\text{C}$ și $\Delta \theta_{i \max} = 8^\circ\text{C}$, R_{nec} rezultă conform datelor din tabelul 5.2.

Valorile R_{nec} pentru terase, considerînd $\theta_i = +20$ și 18°C , $\Delta \theta_{i \max} = 4,5$ și $5,5^\circ\text{C}$, sînt prezentate în tabelul 5.3.

Valorile prezentate în tabelele 5.1 5.2 și 5.3 sînt considerate minime, ele putînd fi optimizate pe considerentele economiei de energie, de combustibil și metal, avînd în vedere atît costurile de investiție, cît și cele de exploatare ale elementelor de construcție, ale sistemelor de încălzire și de condiționare a aerului.

Tabelul 5.3

Destinația clădirii	Zona climatică		
	I $\theta_e = -12^\circ\text{C}$	a II-a $\theta_e = -15^\circ\text{C}$	a III-a $\theta_e = -18^\circ\text{C}$
— Încăperi de locuit, spitale, creșe, grădinițe de copii etc., $\theta_i = 20^\circ\text{C}$, $\Delta\theta_{i\max} = 4,5^\circ\text{C}$	0,88	0,95	1,03
— Teatre, cinematografe, școli, cluburi, gări, clădiri social-culturale, sanitare, anexe ale întreprinderilor industriale etc., $\theta_i = 18^\circ\text{C}$, $\Delta\theta_{i\max} = 5,5^\circ\text{C}$	0,67	0,74	0,81

La structuri de pereți omogeni cu tencuială și la pereți în mai multe straturi perpendiculare pe direcția fluxului termic, rezistența termică globală R_o se calculează cu expresia :

$$R_o = \frac{1}{\alpha_i} + \sum_{k=1}^n \frac{d_k}{b_k \lambda_k} + \frac{1}{\alpha_e} \quad (5.140)$$

5.13.4. AMORTIZAREA ȘI DEFAZAJUL OSCILAȚIILOR TERMICE

Pentru aprecierea stabilității termice a unui element de construcție, se calculează valoarea efectivă a amortizării oscilației termice v_{ef} și se compară cu valoarea normată a amortizării v_{nec} verificându-se inegalitatea :

$$v_{ef} \geq v_{nec} \quad (5.141)$$

Valorile necesare ale amortizării amplitudinilor variațiilor de temperatură, v_{nec} , după Fr. Eichler [38], sînt cuprinse între 10 și 25, în funcție de tipul elementului de construcție.

Valorile amortizării termice efective v_{ef} se calculează pentru elemente omogene, cu indicele inerției termice $D < 1$, cu ajutorul expresiei :

$$v_{ef} = 0,9 e^{\frac{D/\sqrt{2}(S_{24} + \alpha_i)\alpha_e + U}{(S_{24} + U)\alpha_e}} \quad (5.142)$$

în care e este baza logaritmilor naturali (2,718), iar U — coeficientul de asimilare a căldurii la suprafața elementului de construcție, dat de relația :

$$U = \frac{RS_{24} + \alpha_i}{1 + R\alpha_i} \quad (5.143)$$

La structuri în mai multe straturi, valoarea amortizării termice efective se calculează cu relația :

$$v_{ef} = 0,9 e^{\frac{D/\sqrt{2}}{S_1 + U_1} \frac{S_1 + \alpha_i}{S_2 + U_2} \dots \frac{S_n + U_{n-1}}{S_n + U_n} \frac{\alpha_n + S_{n+1}}{\alpha_e}} \quad (5.144)$$

Valorile $U_1 \dots U_n$ se calculează în funcție de inerția termică a straturilor componente conform datelor din STAS 6 472—74.

Dimensionarea elementelor de construcție la defazajul oscilațiilor termice presupune verificarea inegalității :

$$\eta_{ef} \geq \eta_{nec} \quad (5.145)$$

Pe plan internațional nu sînt norme valori minime privind întîrzierea de fază, η_{nec} . Fr. Eichler [38], pe baza amortizării minime v , indică valorile necesare pentru defazajul oscilațiilor termice ale elementelor de construcție între 6 și 14 ore.

După A. Sklover [104] defazajul oscilațiilor termice η_{ef} , se poate calcula cu relația :

$$\eta_{ef} = \frac{1}{15} \left(40,5 D - \operatorname{arctg} \frac{\alpha_i}{\alpha_i + S_{24}\sqrt{2}} + \operatorname{arctg} \frac{\alpha_e}{S_{24} + \alpha_e\sqrt{2}} \right) \quad (5.146)$$

La structuri de pereți în mai multe straturi, calculul defazajului η_{ef} se face cu expresia :

$$\eta_{ef} = \frac{1}{15} \left(40,5 \sum_{k=1}^n D_k - \operatorname{arctg} \frac{\alpha_i}{\alpha_i + U_i\sqrt{2}} + \operatorname{arctg} \frac{\alpha_e}{U_e + \alpha_e\sqrt{2}} \right) \quad (5.147)$$

U_i și U_e se calculează pentru fiecare strat component, în funcție de poziția stratului și valorile D_k . Coeficientul U_i se ia egal cu U_1 și U_e egal cu U_n .

O analiză mai amănunțită a fenomenului presupune luarea în considerare și a capacității de acumulare termică a elementelor de construcție, precum și a influenței transmisiei plane la colțuri și în zona punților termice, la structuri omogene și neomogene.

5.13.5. CARACTERISTICILE PEREȚILOR CU PUNȚI TERMICE

La structuri de pereți cu punți termice, cercetările efectuate de J. Berthier în Franța [11], ca și cercetările din țara noastră [44], [46], arată că influența punții termice descrește cu raportul a/d (fig. 5.43) în care a este lățimea punții termice și d grosimea peretelui. Reducerea grosimii punții termice la 3 cm, tehnologic minim necesară, conduce la îmbunătățirea comportării termice a peretelui.

Efectul de punte termică este mai redus la structura de perete cu stratul de masă mare la interior (fig. 5.43, a), în comparație cu structura cu stratul de masă mare la exterior (fig. 5.43, b).

În STAS 6 472—74 și în Normativul CAER privind termotehnica în

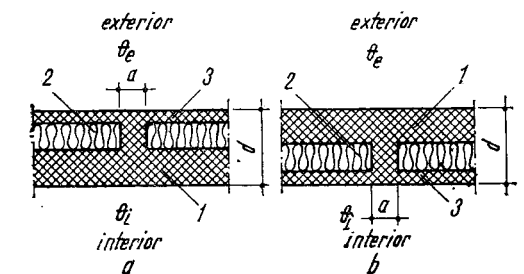


Fig. 5.43. Poziția stratului termoizolant și comportarea punții termice :

a — structură judicios realizată din punctul de vedere al comportării termice; b — structură cu eficiență termică redusă; 1 — strat de masă mare; 2 — strat termoizolant; 3 — strat de protecție.

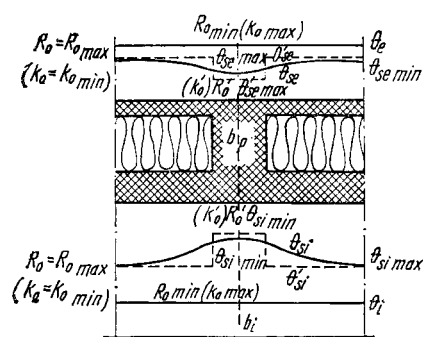


Fig. 5.44. Variația temperaturilor în zona punții termice.

construcții, pentru calculul rezistenței minime și a temperaturii minime în zona punților termice (fig. 5.44), se recomandă relațiile :

$$R_{o \min} = \frac{R_o R_o'}{R_o' + \eta_p (R_o - R_o')} ; \quad (5.148)$$

$$\theta_{si \min} = \theta_i - (\theta_i - \theta_e) R_i \frac{R_o' + \eta_p (R_o - R_o') m}{R_o R_o'} \geq \tau_r, \quad (5.149)$$

în care : R_o este rezistența la transmisia căldurii în secțiunea neinfluențată de puntea termică, în m^2K/W ;

R_o' — rezistența la transmisia căldurii în zona punții, în m^2K/W ;

η_p — coeficient de corecție în funcție de tipul punții și de raportul a/d , conform graficelor din figura 5.45 ;

τ_r — temperatura de rouă conform condițiilor de microclimat interior, în $^{\circ}C$.

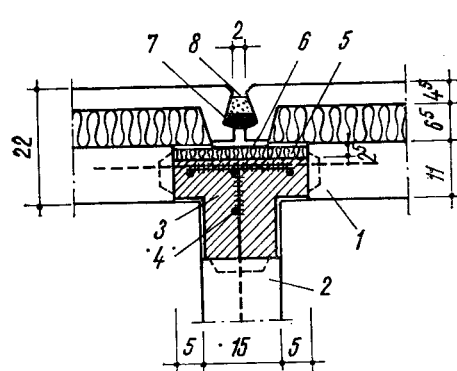


Fig. 5.46. Corecția termică a punții la îmbinările verticale ale panourilor prefabricate de pereți :

1 — panou exterior; 2 — panou interior; 3 — beton de monolitizare; 4 — armături în îmbinare; 5 — izolație termică suplimentară; 6 — carton bitumat; 7 — strat etans la aer (semițeavă din PVC); 8 — mortar decorativ.

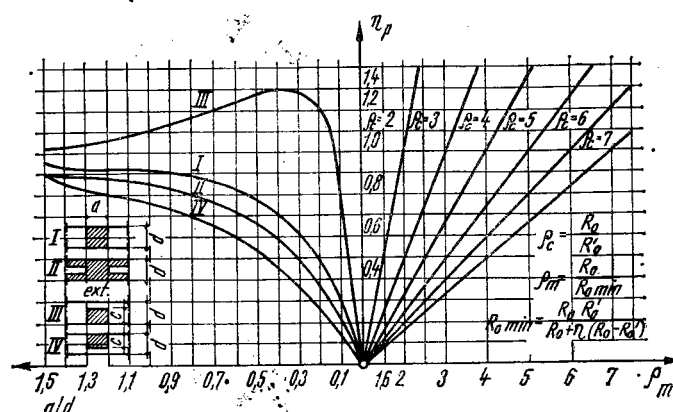


Fig. 5.45. Valorile coeficientului η_p , în funcție de tipul punții termice (I; II; III sau IV) și de raportul a/d .

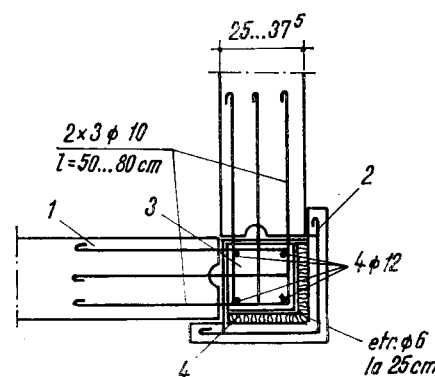


Fig. 5.47. Corecția termică a punții la colțul unei clădiri :

1 — perete exterior; 2 — element prefabricat de colț; 3 — stîlp monolit; 4 — izolație termică suplimentară.

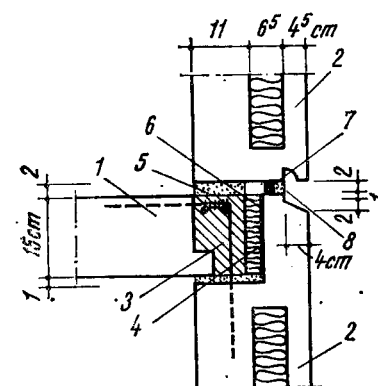


Fig. 5.48. Corecția termică a punții în zona centurii planșeului (îmbinare orizontală) :

1 — panou de planșeu; 2 — panou de perete exterior; 3 — beton de monolitizare; 4 — izolație termică suplimentară; 5 — mortar de poză; 6 — carton bitumat; 7 — strat etans la apă; 8 — mortar decorativ.

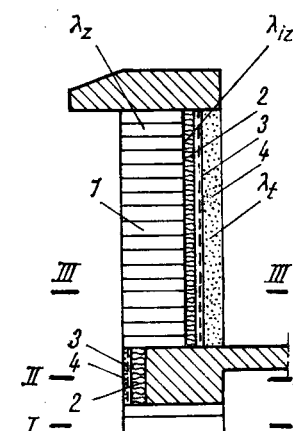


Fig. 5.49. Corecția termică a punții în dreptul nișelor de radiator și a centurilor de planșeu :

1 — perete de grosime redusă în zona nișei; 2 — izolație termică rigidă; 3 — strat de carton bitumat; 4 — tencuială pe plasă de răbit.

Luind în considerare cerințele de confort privind eliminarea riscului de condens și a micșorării pierderilor de căldură în zona punților, este necesară corecția termică a punților, la îmbinările verticale ale clădirilor cu structură din panouri mari prefabricate (fig. 5.46), la colțuri (fig. 5.47) și la îmbinări orizontale (fig. 5.48).

Conform prevederilor STAS 6 472—74, elaborat de Catedra de Construcții civile și industriale de la Institutul Politehnic din Iași, este necesară corectarea tuturor punților termice ce pot interveni la centurile-buiandrug, la centuri eurente de planșee, în zona nișelor de radiator (fig. 5.49), luindu-se în considerare inegalitatea :

$$k_{t_{II-II, III-III, IV-IV}} \geq 1.2 R_{t_{I-I}}. \quad (5.150)$$

5.13.6. ETANȘEITATEA LA APĂ A PEREȚILOR

Cerințele privind etanșeitatea la apă a clădirilor se referă la faptul că apa nu trebuie să apară în interiorul construcțiilor și nu trebuie să vină în contact cu materialele a căror funcțiune sau durabilitate pot fi afectate de acțiunea ei [44].

Unul din fenomenele care fundamentează difuzia apei prin materiale și elemente de construcții este capilaritatea. Dacă într-un vas cu apă (fig. 5.50) se scufundă tuburi de diametre diferite, apa se urcă în aceste tuburi cu atât mai sus cu cât diametrul este mai mic ; $h_1 > h_2$, dacă $d_1 < d_2$.

Pentru o prezentare mecanică a fenomenului (fig. 5.51) se admite că există o forță verticală în lungul liniei de contact între peretele tubului și meniscul de separație aer-apă.

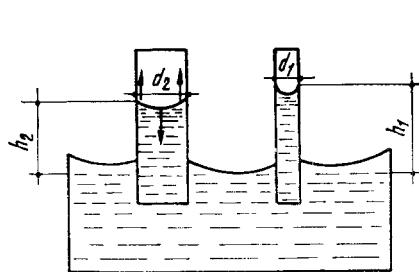


Fig. 5.50. Ascensiunea capilară a apei în tuburi de înălțimi diferite.

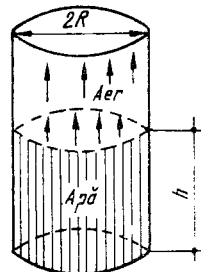


Fig. 5.51. Reprezentarea mecanică a fenomenului de capilaritate.

Tensiunea superficială a lichidului echilibrează greutatea coloanei de apă care o separă de suprafața liberă a lichidului conform ecuației de echilibru dintre forța capilară și greutatea coloanei de apă :

$$A2\pi R = \rho\pi R^2hg, \quad (5.151)$$

în care A este tensiunea superficială a lichidului, în N/m; ρ — masa specifică a lichidului, în kg/m³; R — raza tubului, în m; g — accelerația gravitației, în m/s², iar h — înălțimea coloanei de lichid, în m.

După efectuarea unor simplificări se obține :

$$h = \frac{2A}{g\rho R}, \quad (5.152)$$

relație care reprezintă legea lui Jurin.

În cazul apei, ecuația (5.152) ia forma :

$$h = \frac{15}{R} \quad (5.153)$$

în care h este înălțimea de ascensiune a apei în tub, în mm, iar R — raza tubului, în mm.

Forțele de capilaritate pot să producă numai un lucru mecanic limitat; ele reprezintă o energie potențială susceptibilă de a produce ascensiunea apei prin capilaritate (fig. 5.52), numai în condițiile în care se manifestă suprapresiunea aerului, cu o valoare cel puțin egală cu înălțimea h .

Apa tinde să pătrundă în elementul de construcție sub acțiunea presiunii vântului. Dacă clădirea este supusă acțiunii unui vânt de viteză v , suprapresiunea exercitată de acesta asupra fațadei este dată de relația :

$$p = C_v \frac{v^2}{16} \quad (5.154)$$

în care v este viteza vântului, în m/s; p — presiunea, în mm col. H₂O, iar C_v — coeficient adimensional care în cazul fațadelor supuse acțiunii vântului are valoarea 0,8.

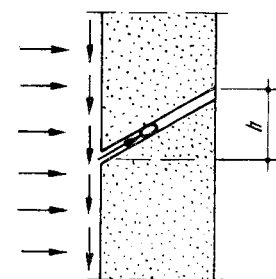


Fig. 5.52. Ascensiunea apei în rosturi.

Pentru ca presiunea aerului datorită vântului să determine penetrarea apei în fisuri, trebuie ca apa să constituie un fel de dop, adică fanta nu trebuie să fie prea deschisă. În fantele care au o deschidere mai mare de 4...5 mm sau în tuburi cu mărimea diametrului superioară valorii de 8...10 mm, acest dop de apă nu se mai formează. Apa se regăsește sub formă de picături, între care curentul de aer poate să circule. Presiunea exercitată de vânt este în acest caz mult diminuată.

5.13.7. CALCULUL LA UMIDITATE AL ACOPERIȘULUI TERASĂ

5.13.7.1. **Rezistența necesară a acoperișului la vapori de apă și aer.** Rezistența necesară la permeabilitate la vapori $R_{v nec}$ a planșeelor duble de terasă cu spații ventilate sau a acoperișurilor din plăci mici, rigide (țigle, plăci sau foi de azbociment etc.), trebuie să satisfacă condiția :

$$R_{v def} \geq R_{v nec} = 1,2(P_{vi} - P_{ve}). \quad (5.155)$$

Rezistența necesară la permeabilitate la aer $R_{a nec}$ a acoperișurilor terasă ale clădirilor de locuit și social-culturale trebuie să îndeplinească condiția :

$$R_{a nec} = 0,1v^2R_{o nec}. \quad (5.156)$$

5.13.7.2. **Calculul umidității acumulate în acoperiș.** Determinarea stării de umiditate a acoperișului are loc pentru durată medie în care se produce condensul, iar temperatura exterioară de calcul se adoptă ca temperatură medie pe acest interval de timp.

Cantitatea de vapori de apă P_a , în g/m², condensată în elementul de construcție în perioada de iarnă, se calculează cu relația (5.157) pe baza elementelor prezentate la paragraful 5.11.7 :

$$P_a = p_a T_a, \quad (5.157)$$

în care P_a , în g/m²h, are expresia :

$$P_a = \frac{P_{vi} - P_{vI}}{\sum I R_{vI}} - \frac{P_{vII} - P_{ve}}{\sum II R_{vII}} \quad (5.158)$$

iar P_{vI} , P_{vII} sînt presiunile vaporilor de apă, în torr, corespunzătoare suprafețelor care limitează începutul și sfîrșitul zonei de condens; $\sum I R_{vI}$, $\sum II R_{vII}$ — suma rezistențelor la permeabilitate la vapori, în m²htorr/g, a straturilor elementului de construcție situate de la suprafața interioară a elementului la suprafața de început a zonei de condens, respectiv de la suprafața de sfîrșit a zonei de condens la suprafața exterioară a elementului;

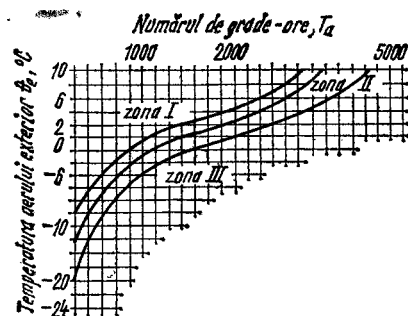


Fig. 5.53. Graficul numărului de grade-ora, în funcție de temperatura aerului exterior, în perioada de iarnă.

în m; ρ — densitatea aparentă a materialului termoizolant, în kg/m^3 și ΔW_{adm} — valorile umidității maxime admisibile în materialele de construcție, în %.

T_a — durata de apariție a condensului determinată conform graficului din figura 5.53, care indică numărul de grade-ore în funcție de temperatura aerului exterior în perioada de iarnă.

Cu ajutorul cantității de vapori de apă P_a , acumulată în elementul de construcție, se poate calcula creșterea umidității ΔW_{ef} în stratul de termoizolație, în perioada de iarnă, care trebuie să satisfacă inegalitatea :

$$\Delta W_{ef} = \frac{P_a}{100dp} \leq \Delta W_{adm}, \quad (5.159)$$

în care d este grosimea stratului termoizolant în care se condensează vapori de apă,

Capitolul 6

ACUSTICA CLĂDIRILOR

6.1. GENERALITĂȚI

Preocupările privind acustica clădirilor datează din timpuri străvechi. În perioada dezvoltării culturii grecești, Aristotel (384—322 î.e.n.) a clasificat ramurile acusticii în : propagarea undelor sonore, construcția instrumentelor muzicale și mecanismul auzului. Civilizația antică s-a preocupat de construcția teatrelor și templelor (Vitruviu sec. I. î.e.n.), unde s-au aplicat principii de acustică valabile, în parte, și în timpurile moderne. În arhitectura antică, preocupările de acustică se refereau, în special, la construcțiile în aer liber (amfiteatre). În Evul Mediu și în Renaștere, opiniile lui Aristotel privind fenomenele fizice au constituit dogme intacte. Galileo Galilei și Isac Newton, în secolele XVI și XVII, abordează investigații privind propagarea undelor sonore. Prima carte, intitulată *Acustica*, aparține lui Chladni (1756—1824). Între anii 1810—1830 Young, Fresnel, Fourier, Poisson, Laplace și alții dezvoltă teoria propagării undelor elastice și termice. În 1851 Corti (1822—1876) descrie structura urechii ca organ al auzului. Prima lucrare modernă, intitulată *Teoria sunetului*, apare în 1878 și se datorește lui Rayleigh (1842—1919). Acustica spațiilor închise (încăperilor) este o preocupare relativ recentă. Primele elemente fundamentate științific, privind acustica clădirilor, au fost precizate de către Sabine (1868—1919), la începutul acestui secol.

Problemele privind acustica clădirilor se referă la două aspecte distincte ;
— studiul sunetului ca factor nociv (zgomot) în orașe și clădiri și măsurile de protecție sau de izolare fonică ;

— studiul condițiilor pentru o audiție bună în săli, auditorii etc., constituind acustica încăperilor.

În țara noastră există realizări de valoare din punct de vedere acustic; de exemplu : Casa radiodifuziunii, Centrul cinematografic de la Buftea, sala Palatului R. S. România, sala Teatrului Național, București, Craiova, sala Teatrului de stat din Tg. Mureș, cinematografe, săli de cultură la Suceava, Baia Mare, Hunedoara, Petroșani. Dezvoltarea construcțiilor social-culturale în viitor implică o largă și aprofundată cunoaștere a principiilor de acustică arhitecturală, iar cerințele de confort acustic în locuințe și industrie implică măsuri eficiente de protecție contra zgomotului.

Izolarea acustică intervine la clădirile de locuit și social-culturale, la construcțiile industriale și în spațiile de circulație urbană, în exteriorul și interiorul construcțiilor.

Acțiunea nocivă a zgomotelor, cu efecte de poluare sonoră a mediului ambiant, se explică prin aceea că vibrațiile sonore se transmit asupra creierului și în acest mod asupra întregului sistem neurovegetativ, putând crea astfel dezechilibrul organismului, insomnii, nevroze, boli digestive, boli de inimă etc.

Lehman stabilește următoarele valori ale nivelului zgomotelor, în funcție de efectele pe care le produce :

- între 30 și 60 dB_A, efecte psihice ;
- între 65 și 90 dB_A, efecte psihice și vegetative (în această categorie intră cea mai mare parte a zgomotului de circulație) ;
- între 90 și 120 dB_A, efecte psihice, vegetative și otologice ;
- la 120 dB_A, după scurt timp apare surzenia remanentă.

Realizarea confortului la noile construcții este indisolubil legată de măsuri constructive eficiente privind protecția și combaterea zgomotului pe căi multiple (la sursă, la transmisie, prin absorbție etc.)

6.2. NOȚIUNI DE ACUSTICĂ

6.2.1. SUNETUL CA FENOMEN FIZIC

Sunetul poate fi analizat în două accepțiuni :

— *fizic*, ca fenomen obiectiv, prin care se înțelege vibrația mecanică a particulelor de aer, capabilă de a produce senzația auditivă ;

— *fiziologic*, ca fenomen subiectiv, prin care se înțelege senzația recepționată și localizată de organele auditive, produsă de anumite oscilații mecanice.

Pentru ca un ascultător cu ureche normală să perceapă ca sunet o oscilație mecanică, este necesar ca aceasta să aibă o frecvență situată în domeniul audibil (16...20 000 Hz), să fie caracterizată printr-o energie cuprinsă între anumite limite și să aibă o durată de cel puțin 0,06 secunde.

Sunetul fizic este produs de vibrația corpurilor solide și fluide care, transmisă aerului înconjurător, ajunge la urechea omenească dînd senzația sonoră. Sunetele se datoresc mișcărilor oscilatorii ale mediilor elastice.

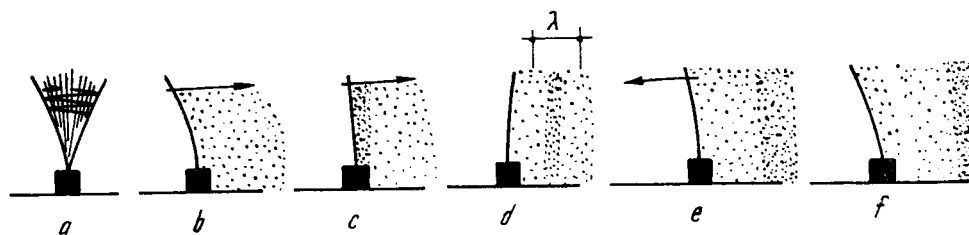


Fig. 6.1. Fazele vibrației moleculelor de aer la oscilația lamei elastice :
a — vibrație completă; b; c; d; e; f — faze de comprimare și destindere a moleculelor de aer.

Propagarea mișcărilor oscilatorii din aproape în aproape, în mediile elastice, se datorește forțelor elastice. Un punct material în mișcare oscilatorie devine o sursă de oscilație. Oscilația care se propagă în timp și spațiu, constituie o undă. Locul geometric al punctelor atinse în același moment de mișcarea oscilatorie, constituie o suprafață de undă.

Exemplul clasic de vibrație este prezentat de lama elastică încastrată la o extremitate și liberă la cealaltă (fig. 6.1, a), care se deplasează cu o viteză constantă, trecând periodic prin poziția inițială de repaus (0). Sunetele sînt emise de corpuri în mișcare oscilatorie și se propagă sub formă de unde, deci prin mișcări oscilatorii ale mediilor ce le străbat.

Propagarea sunetelor în aer se realizează prin unde sonore, iar în solide, prin unde elastice. Distanțele dintre două maxime de presiune succesive, pe direcția de propagare, caracterizează lungimea de undă λ , care pentru sunete este de 3 cm pînă la 20 m.

Asupra aerului, vibrația mecanică exercită presiuni și destinderi, ce fac ca moleculele aerului să vibreze în jurul unei poziții de echilibru (fig. 6.1, b, c, d, e, f). În zonele de presiune, moleculele se apropie unele de altele, iar în zonele de depresiune ele se îndepărtează.

Ceea ce s-a arătat pentru aer este valabil și pentru apă și corpuri solide, în general pentru orice material. Sunetul este deci oscilația moleculelor materiale în jurul poziției lor de echilibru. Fiecare dintre particulele care alcătuiesc mediul în care este stabilit un cîmp sonor se află în mișcare oscilatorie.

În cazul fluidelor (gaze și lichide), în lipsa suprafeței libere sau a suprafeței de separare a două lichide, propagarea undelor sonore are loc numai prin unde longitudinale. Mișcarea particulelor de aer la propagarea undelor acustice este supusă legilor aerodinamicii. Dacă frecvența oscilațiilor acustice nu este prea mare și propagarea undelor se examinează pe distanțe relativ mici, se poate neglija influența viscozității asupra procesului de oscilație a particulelor, considerîndu-se aerul ca un fluid compresibil ideal, a cărui mișcare este subordonată ecuației de continuitate și ecuațiilor lui Euler. Din punct de vedere teoretic, mediul fluid în care se propagă undele sonore se consideră continuu, omogen, perfect fluid (fără viscozitate), perfect elastic și fără inerție termică.

Propagarea energiei sonore prin unde elastice, în solide, este datorată mișcării din aproape în aproape a particulelor materiale prin deplasarea transversală sau longitudinală pe direcția de înaintare a oscilației, prin comprimări și dilatări ale particulelor materiale (fig. 6.2). În mediul solid vor exista deci unde longitudinale în care particulele oscilează în lungul propagării undei și unde transversale, în care oscilațiile particulelor sînt perpendiculare pe direcția de propagare a undei acustice.

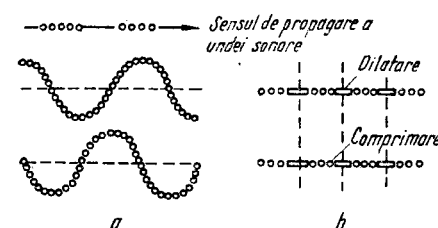


Fig. 6.2. Propagarea sunetului prin unde elastice :

a — unde transversale; b — unde longitudinale.

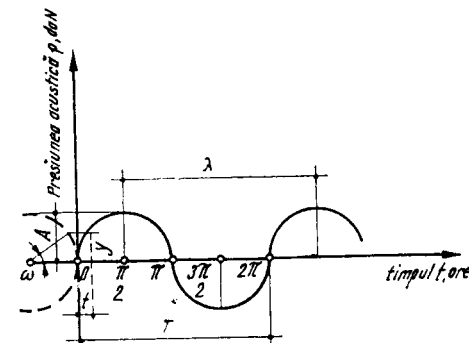


Fig. 6.3. Exprimarea sinusoidală a mișcării sunetului pur întreținut.

Modificările de presiune ale mediului elastic de propagare a sunetului definesc presiunile sonore p . În aer, aceste presiuni sonore pot fi mai mari sau mai mici decît presiunile aerului liniștit p_0 , adică $p \leq p_0$.

Sursa sonoră se consideră punctiformă, iar forma undelor sonore, sferică. La distanțe mari față de sursă, undele sferice pot fi considerate plane, ceea ce corespunde poziției sursei la infinit.

Mișcarea extremității libere a lamei, și deci mișcarea oscilatorie a particulelor de aer, poate fi exprimată printr-o funcție sinusoidală (fig. 6.3), în cazul vibrației întreținute, reprezentînd ecuația oscilației sonore, de o anumită frecvență, cu defazaj inițial :

$$y = A \sin (2\pi ft + \beta) = A \sin (\omega t + \beta), \quad (6.1)$$

în care : y este presiunea sonoră exercitată de sursa sonoră asupra aerului ;

A — amplitudinea ce caracterizează cea mai mare deplasare a capătului liber al lamei față de poziția de repaus și reprezintă presiunea maximă exercitată asupra aerului ;

t — timpul ;

f — frecvența definită de numărul de vibrații produse în unitatea de timp :

ω — pulsația oscilației sonore, egală cu $2\pi f$; $f = \frac{1}{T}$; $\omega = \frac{2\pi}{T}$;

T — perioada sau ciclul, adică timpul necesar unei vibrații pentru a reveni la poziția de repaus trecînd succesiv prin două maxime de sens contrar ;

β — faza inițială.

Expresia vitezei oscilației este :

$$v = \frac{dy}{dt} = A \omega \cos (\omega t + \beta). \quad (6.2)$$

Accelerația mișcării rezultă :

$$\gamma = \frac{d^2y}{dt^2} = -A \omega^2 \sin (\omega t + \beta) = -\omega^2 y. \quad (6.3)$$

În natură, oscilațiile sonore se manifestă complex ca vibrații transmise prin diferite medii cu viteze și frecvențe variate, cu amplitudini variabile în timp, sub formă de unde incidente și reflectate ale căror efecte se suprapun, se interferează și se amortizează, astfel încît exprimarea analitică a fenomenului este practic posibilă numai aproximativ.

În realitate, oscilația sonoră este o vibrație compusă a aerului și a elementelor de construcție și instalații, în domeniul de frecvențe 20...20 000 Hz, alcătuită din suprapunerea oscilațiilor cu caracteristici variabile în timp și spațiu.

Orice oscilație acustică poate fi asimilată cu oscilația armonică, care teoretic poate fi studiată cu ajutorul teoriei oscilațiilor libere și forțate neamortizate sau amortizate, în cazul transmisiei sunetelor prin aer și cu ajutorul teoriei vibrațiilor longitudinale și transversale ale elementelor de construcții și instalații, în cazul transmiterii sunetelor prin solide.

6.2.2. ECUAȚIA CÎMPULUI SONOR

Porțiunea din spațiu în care se propagă unde sonore caracterizează cîmpul sonor.

În studiile de acustică se distinge mișcarea oscilatorie a particulelor materiale ale mediului elastic, prin care se propagă sunetul și mișcarea undelor sonore ce caracterizează propagarea fenomenului sonor.

O caracteristică de bază a sunetului este viteza sa, notată cu c , exprimată în cm/s și care caracterizează mișcarea oscilatorie a unei acustice, transmisă printr-un mediu elastic.

Considerînd expresia elongației y a mișcării oscilatorii a unei particule materiale M , dintr-un mediu elastic, la distanța x de origine, sub forma $y = A \sin(\omega t + \beta)$, situată pe axa de propagare a oscilației sonore (fig. 6.4) în care mișcarea unei sonore, propagate cu viteza c , este în fază cu oscilația particulei materiale din origine, după timpul t' , spațiul parcurs de unda sonoră este :

$$s = c t' \text{ sau } t' = \frac{s}{c}. \quad (6.4)$$

Luînd $\beta = 0$, elongația punctului M este :

$$y = A \sin(\omega t - \omega t'). \quad (6.5)$$

Deoarece $\omega = \frac{2\pi}{T}$, $t' = \frac{s}{c}$, $\lambda = c T$, expresia elongației rezultă :

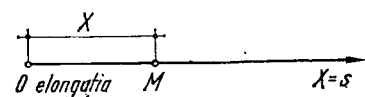


Fig. 6.4. Relația între elongația y și distanța s de propagare a mișcării oscilatorii.

$$\begin{aligned} y &= A \sin\left(\frac{2\pi}{T} t - \frac{2\pi}{T} \frac{s}{c}\right) = \\ &= A \sin\left(\omega t - \frac{2\pi}{\lambda} s\right). \end{aligned} \quad (6.6)$$

Făcînd notația $\frac{2\pi}{\lambda} = K$, se obține :

$$y = A \sin(\omega t - Ks). \quad (6.7)$$

Expresiile derivatelor de ordinul 1 și 2 în raport cu t și s sînt :

$$\frac{\partial y}{\partial t} = A \omega \cos(\omega t - Ks); \quad \frac{\partial^2 y}{\partial t^2} = -A \omega^2 \sin(\omega t - Ks) = -\omega^2 y; \quad (6.8)$$

$$\frac{\partial y}{\partial s} = -A K \cos(\omega t - Ks); \quad \frac{\partial^2 y}{\partial s^2} = -A K^2 \sin(\omega t - Ks) = -K^2 y. \quad (6.9)$$

Folosind relațiile stabilite, se scrie egalitatea expresiilor lui y :

$$-\frac{1}{\omega^2} \frac{\partial^2 y}{\partial t^2} = -\frac{1}{K^2} \frac{\partial^2 y}{\partial s^2}$$

și deci :

$$\frac{1}{\omega^2} \frac{\partial^2 y}{\partial t^2} = \frac{1}{K^2} \frac{\partial^2 y}{\partial s^2}. \quad (6.10)$$

Înlocuind ω și K , se obține ecuația elongației cîmpului sonor unidirecțional :

$$c^2 \frac{\partial^2 y}{\partial s^2} = \frac{\partial^2 y}{\partial t^2}. \quad (6.11)$$

Pe aceeași bază se pot stabili ecuațiile ce caracterizează presiunea, viteza și accelerația unei sonore, care pentru parametrul q se prezintă sub forma :

$$\frac{\partial^2 q}{\partial t^2} = c^2 \frac{\partial^2 q}{\partial s^2} \quad (6.12)$$

Pentru cazul general al cîmpului sonor spațial, relația ce exprimă propagarea undelor acustice, în atmosferă liniștită, se prezintă sub forma operatorului Laplace, astfel :

$$\frac{1}{c^2} \frac{\partial^2 q}{\partial t^2} = \frac{\partial^2 q}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 q}{\partial y^2} + \frac{\partial^2 q}{\partial z^2} = \nabla^2 q, \quad (6.13)$$

în care q este expresia potențială de viteză a energiei sonore care poate reprezenta, de exemplu, valoarea instantanee a abaterii presiunii din unda acustică de la valoarea ei de echilibru, q_0 ;

x, y, z — coordonate spațiale.

În coordonatele sferice, ecuația cîmpului sonor este :

$$\frac{1}{c^2} \frac{\partial}{\partial t^2} r^2 \frac{\partial \varphi}{\partial r} - \frac{1}{c^2} \frac{\partial^2 \varphi}{\partial t^2} = 0, \quad (6.14)$$

sau notînd $q = r \varphi$,

$$\frac{\partial^2 q}{\partial r^2} = \frac{1}{c^2} \frac{\partial^2 q}{\partial t^2} \quad (6.15)$$

Soluția ecuației (6.14) este :

$$q = f \left[K \left(t - \frac{r}{c} \right) \right] + g \left[K' \left(t + \frac{r}{c} \right) \right], \quad (6.16)$$

în care f și g sînt funcții arbitrare, iar K și K' , constante.

În cazul undelor plane, $r = \text{constant}$, astfel încît expresia unei plane este :

$$\varphi(y, t) = K_0 f \left[K \left(t - \frac{y}{c} \right) \right]. \quad (6.17)$$

6.2.3. VITEZA DE PROPAGARE A UNDEI LONGITUDINALE SONORE ÎNTR-UN MEDIU ELASTIC

În solide, transmisia sunetului poate avea loc ca în elemente asimilate cu corzi, bare, plăci, tuburi.

Se consideră un mediu sub formă de bară (fig. 6.5), de secțiune S , prin care în timpul Δt se deplasează energia sonoră pe distanța l cu viteza c , prin unde longitudinale. Considerînd mișcarea uniformă a energiei sonore, rezultă :

$$l = ct. \quad (6.18)$$

Particulele materiale din secțiunea AB , supuse oscilației mecanice, se deplasează în același timp cu viteza u , diferită de viteza c a unei sonore și ajung în $A'B'$. Comprimarea volumului mediului elastic, datorită presiunii sonore, este dată de expresia :

$$\Delta l = u \Delta t. \quad (6.19)$$

Conform legii lui Hooke aplicată la medii elastice, forța este dată de produsul $F = S \sigma$.

Cunoscînd că $\sigma = E \varepsilon = E \frac{\Delta l}{l} = E \frac{u \Delta t}{c \Delta t} = E \frac{u}{c}$, se obține :

$$F = SE \frac{u}{c}. \quad (6.20)$$

Expresia forței sonore poate fi scrisă și astfel :

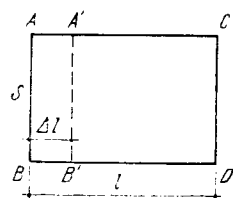


Fig. 6.5. Viteza de propagare a unei unde sonore longitudinale într-un mediu elastic.

$$F = m a = m \frac{u - u_0}{\Delta t} = m \frac{\Delta u}{\Delta t}. \quad (6.21)$$

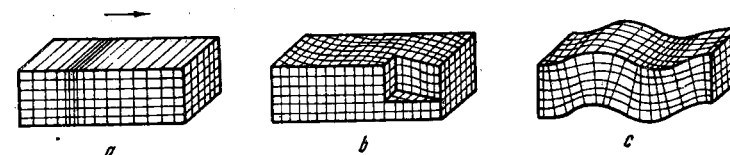
Deoarece $m = Sl \rho = Sc \Delta t \rho$, se obține :

$$F = m \frac{\Delta u}{\Delta t} = S c \rho u. \quad (6.22)$$

Dacă se egalează expresiile forțelor sonore se obține :

$$SE \frac{u}{c} = S c \rho u \text{ și deci : } c^2 = \frac{E}{\rho}. \quad (6.23)$$

Fig. 6.6. Tipuri de unde sonore în solide :
a - longitudinale ; b - transversale ;
c - de încovoiere.



Relația (6.23), denumită formula lui Newton exprimă viteza sunetului în bară și se poate scrie sub forma :

$$c = \sqrt{\frac{E}{\rho}}, \quad (6.24)$$

în care E este modulul de elasticitate al aerului, în $\text{g/cm} \cdot \text{s}^2$, iar ρ - densitatea aparentă a mediului, în g/cm^3 .

În mediul solid, considerat izotrop, elastic și nelimitat, în care apar și tensiuni tangențiale și deci forțe de forfecare, se pot propaga două tipuri de unde elastice : longitudinale și transversale.

Direcția de propagare a unei longitudinale (undă de comprimare și de întindere) coincide cu direcția mișcării oscilatorii a particulelor mediului (fig. 6.6). Viteza de propagare a unei longitudinale, în mediul considerat nelimitat, este egală cu :

$$c_l = \sqrt{\frac{E(1-\mu)}{\rho(1+\mu)(1-2\mu)}}, \quad (6.25)$$

în care : E este modulul lui Young, în daN/cm^2 ;

μ - coeficientul lui Poisson ;

$\rho = v/g$, masa unității de volum a mediului ;

v - greutatea unității de volum a mediului, în daN/cm^3 ;

g - accelerația gravitațională, în m/s^2 .

În cazul cînd $f < c_l/4h$, h fiind grosimea elementului de construcție, acesta poate fi reprezentat ca o placă subțire, oscilațiile antisimetrice se transformă în oscilații de încovoiere, iar undele longitudinale și transversale se transformă în unde de încovoiere. Viteza de propagare a unei de încovoiere în placă este egală cu :

$$c_t = 2,5 \sqrt[4]{\frac{D f^2}{\rho h}}, \quad (6.26)$$

în care D este rigiditatea cilindrică a plăcii la încovoiere egală cu : $Eh^2/12(1-\mu^2)$, iar h - grosimea plăcii.

În aer și gaze, expresia vitezei sunetului este :

$$c = f \sqrt{\gamma_0 \frac{p}{\rho}}, \quad (6.27)$$

în care γ_0 este raportul dintre căldura specifică, la presiune constantă și volum constant, al mediului de propagare ; la aer $\gamma_0 = 1,41$, iar p - presiunea statică, în N/m^2 .

Tabelul 6.1

Mediul prin care se transmite sunetul	Viteza sunetului c , m/s
Aer	340
Apă	1 450
Oțel	5 000
Lemn	1 000...4 000
Cauciuc	50
Zidărie	3 652
Aluminiu	5 104
Sticlă	5 190

Produsul $c\gamma_0$ este rezistența specifică acustică a mediului sau impedanța acustică și prezintă, pentru aer, valoarea 410 N s/m^3 . Pentru lichide, expresia vitezei sunetului este :

$$c = \sqrt{\frac{1}{\beta \rho}}, \quad (6.28)$$

în care β este coeficientul de compresibilitate a lichidului.

În tabelul 6.1 se prezintă valorile vitezei sunetului prin diferite medii. În probleme de construcții interesează în mod deosebit viteza sunetului în aer și prin solide, ce caracterizează structura elementelor de construcții și instalații. În aer, viteza sunetului variază cu temperatura ($c = 330 \pm 0,6 \theta$) și cu umiditatea.

Materialele compacte (betonul, oțelul, pământul) propagă bine sunetele. Materialele poroase (vata, pîslă, țesăturile) absorb sunetele și se opun la trecerea lor, de aceea se folosesc la izolare acustică. Absorbția sunetelor se explică prin transformarea energiei acustice în căldură.

Între frecvența f , lungimea de undă λ , viteza c și perioada T , ce caracterizează oscilațiile armonice sonore, există relațiile :

$$f = \frac{1}{T}; \quad f = \frac{c}{\lambda}; \quad \lambda = cT. \quad (6.29)$$

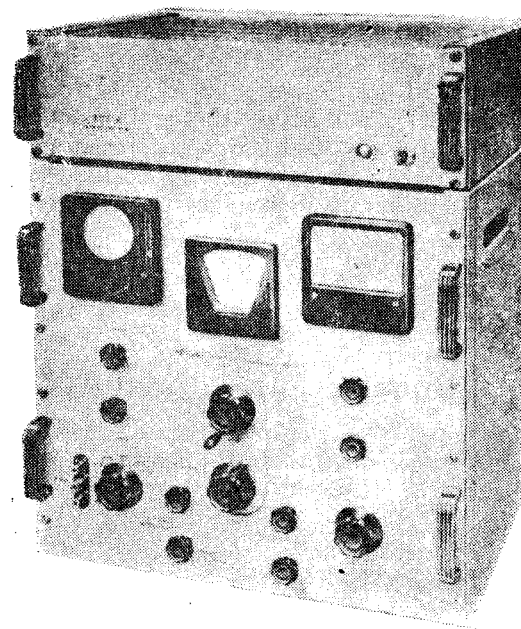


Fig. 6.7. Generator de ton.

Sunetul pur, caracterizat printr-o anumită frecvență și presiune, poate fi obținut cu ajutorul generatorului de ton (fig. 6.7), care trebuie să asigure o eficiență uniformă în banda frecvențelor de lucru cu o abatere de cel mult 1 dB. Pentru măsurători acustice în construcții, se folosesc generatoare, special construite, care emit sunete albe și sunete vochale.

6.2.4. CARACTERISTICILE DE PRESIUNE, INTENSITATE ȘI ABSORBȚIE A SUNETELOR

6.2.4.1. Presiunea și intensitatea sonoră. Mișcarea oscilatorie a particulelor materiale și deci mișcarea undelor sonore este influențată de presiunea exercitată asupra mediului elastic.

Presiunea sonoră p exercitată de o sursă sonoră asupra mediului înconjurător este dată de raportul $p = F/S$, în care F este forța exercitată asupra aerului și S —mărimea suprafeței pe care acționează. Cu cât presiunea este mai mare, cu atât amplitudinea oscilației sonore este mai mare și deci sunetul emis este mai tare.

Presiunea sonoră pe unitatea de suprafață poate fi obținută cu relația :

$$p = \sigma = E \varepsilon = E \frac{u}{c}. \quad (6.30)$$

Considerind $E = c^2 \rho$, pentru solide, se obține :

$$p = \rho c u \text{ și deci : } p_{\max} = \rho c u_{\max}. \quad (6.31)$$

Pentru măsurarea presiunii sonore se folosește unitatea de presiune sonoră, denumită *bar*, ce este definit astfel :

$$1 \text{ N/m}^2 = 10^{-5} \text{ bari sau } 1 \text{ bar} = 10^5 \text{ N/m}^2.$$

De exemplu, șoapta creează în aer la distanța de 1m o presiune de 0,01 bari, strigătul 10 bari și un motor de avion 200 bari.

Considerind presiunea statică a aerului liniștit, p_s sub acțiunea oscilației sonore, presiunea aerului variază între limitele $p_{\max}$ și $p_{\min}$ (fig. 6.8). Pragul minim al presiunii aerului pentru a avea loc senzația auditivă este :

$$p_{\min} = 2 \cdot 10^{-10} \text{ bari} = 2 \cdot 10^{-5} \text{ N/m}^2, \quad (6.32)$$

iar pragul maxim este :

$$p_{\max} = 2 \cdot 10^{-4} \text{ bari} = 2 \cdot 10^1 \text{ N/m}^2. \quad (6.33)$$

Tăria sunetului este în funcție de nivelul său energetic și poate fi exprimată prin intensitatea sonoră I , care definește fluxul de energie sonoră Φ , ce trece într-o secundă printr-o suprafață de 1 m^2 , perpendiculară pe direcția de propagare a undei sonore :

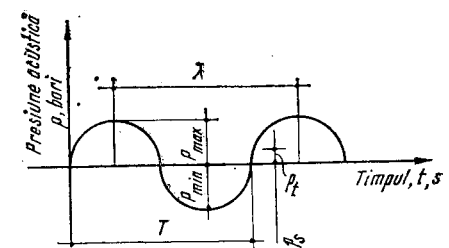
$$I = \frac{\Phi}{S} [\text{W/m}^2]. \quad (6.34)$$

Fluxul sonor este energia sonoră în unitatea de timp :

$$\Phi = \frac{W}{t} [\text{ergi/s}]. \quad (6.35)$$

În cazul undei sferice, valoarea fluxului de energie sonoră, Φ , în W, la distanța r , este :

$$\Phi = 4\pi r^2 I, \text{ și deci : } I_r = \frac{\Phi}{4\pi r^2}. \quad (6.36)$$

Fig. 6.8. Variația presiunii aerului p_t , în raport cu presiunea statică, p_s .

Intensitatea sonoră poate fi definită și ca produsul dintre energia acustică W și viteza sunetului c :

$$I = W c = \frac{1}{2} m u_{max}^2 c = \frac{1}{2} \rho u_{max}^2 c = \frac{1}{2} \rho c \frac{p_{max}^2}{\rho^2 c^2} = \frac{p_{max}^2}{2 \rho c}. \quad (6.37)$$

În cazul unor unde progresive, plane sau sferice, avînd viteza de propagare c , într-un mediu cu densitatea aparentă ρ , într-un punct în care presiunea acustică efectivă este p_{ef} , în N/m^2 , intensitatea acustică I , în W/m^2 , este dată de relația:

$$I = \frac{p_{ef}^2}{\rho c}, \text{ considerînd } p_{ef} = \frac{p_{max}}{\sqrt{2}}. \quad (6.38)$$

Practic, intensitatea sonoră a sunetelor se exprimă prin raportarea la o intensitate de referință. Se folosește astfel nivelul de intensitate sonoră L_i , ca noțiune prin care se definește intensitatea sonoră I a unui sunet prin comparație cu intensitatea de referință I_{min} . Ca intensitate sonoră de referință se consideră pragul inferior al intensității auditive, la frecvența de 1 000 Hz:

$$I_{min} = 10^{-12} \text{ [W/m}^2\text{]}. \quad (6.39)$$

Considerînd că pragul superior al intensității auditive la frecvența de 1 000 Hz prezintă valoarea: $I_{max} = 1 \text{ W/m}^2$, raportul I_{max}/I_{min} rezultă:

$$1/10^{-12} = 10^{12}. \quad (6.40)$$

Se observă că unitatea de măsură absolută pentru intensitatea sonoră în domeniul de presiuni admisibile pentru urechea omenească rezultă prea mare și de aceea se adoptă o unitate de măsură relativă bazată pe legea lui W e b e r - F l e t c h e r, după care senzația se găsește în raport logaritmă cu excitația. Pentru a se reduce scara domeniului de măsură, s-a introdus unitatea de măsură logaritmă, în baza 10, a nivelului de intensitate sonoră, denumită *bel*, definită de relația:

$$I_i = \lg \frac{I}{I_{min}}, \quad (6.41)$$

în care I reprezintă intensitatea sonoră a sunetului măsurat, care este de 10 ori mai mare decît intensitatea de referință, I_o , $I/I_o = 10$ sau $\lg I/I_o = 1$ bel.

Sunetul imediat superior ce poate fi perceput de om, față de I_o , este $I_1 = 1,26 I_o$ cu nivelul sonor $L_i = \lg 1,26 = 0,1 \text{ B} = 1 \text{ dB}$ (decibel), ce reprezintă submultiplul belului și care s-a adoptat ca unitate curentă de măsură a nivelului sonor.

Măsurarea nivelului de intensitate sonoră a unui sunet se face cu [decibel=metrul sau voltmetrul electronic (fig. 6.9), prin transformarea oscilației acustice într-o oscilație electrică.

În mod analog se definește nivelul de presiune sonoră L_p , cu ajutorul relației:

$$L_p = 10 \lg \frac{p^2}{p_o^2} = 20 \lg \frac{p}{p_o}, \quad (6.42)$$

în care p și p_o sînt presiunea acustică a sunetului considerat și respectiv presiunea sonoră de referință, corespunzătoare sunetului celui mai slab ce poate fi perceput, în banda de 1 000 Hz:

$$p_o = 2 \cdot 10^{-5} \text{ N/m}^2. \quad (6.43)$$

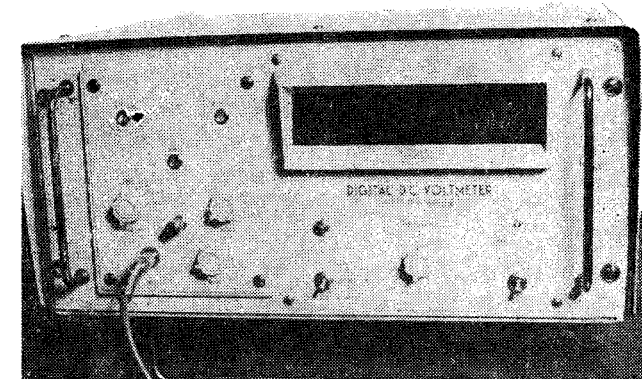


Fig. 6.9. Milivoltmetru electronic digital pentru măsurarea nivelului de intensitate sonoră.

6.2.4.2. Înălțimea sunetului. Înălțimea sunetului reprezintă acea caracteristică a senzației auditive, pe baza căreia sunetele pot fi ordonate în sunete joase (grave), mijlocii și înalte (ascuțite), în funcție de frecvență.

Senzația datorită înălțimii sunetului variază aproximativ cu logaritmul frecvenței. Din această cauză s-a adoptat ca scară grafică de reprezentare a înălțimii sunetelor, logaritmul în baza 2 a raportului frecvențelor. În acest mod, intervalul de înălțime între două sunete de frecvențe, f_1 și f_2 , depinde de raportul f_2/f_1 și nu de diferența $f_2 - f_1$.

Sunetele pure, cu frecvențele aflate în același raport, apar situate la interval de înălțime egal.

În natură nu se întîlnesc sunete pure. Practic intervin sunete complexe care conțin mai multe sunete pure sau armonice. Instrumentele muzicale nu dau sunete pure ci sunete compuse.

Un ton compus este alcătuit din suprapunerea mai multor tonuri simple care nu sînt în rezonanță, adică nu au aceeași frecvență.

Sunetul muzical constă dintr-un sunet fundamental și un număr de armonice. Intervalul fundamental utilizat pentru scara frecvențelor este octava. Numărul de octave n , care separă două sunete de frecvențe f_1 și f_2 , rezultă din expresia:

$$n = \log_2 \frac{f_2}{f_1}. \quad (6.44)$$

În mod practic, pentru măsurătorile acustice se folosesc intervalele 1, 1/2, 1/3 și 1/4 octavă. Se observă că pentru $f_2/f_1 = 2$, intervalul este de o octavă, deoarece $\log_2 2 = 1$. Octava se definește deci ca intervalul dintre două frecvențe între care există raportul 2:1.

Determinarea armonicilor simple ce intră în compoziția unui sunet complex constituie analiza sunetului sau determinarea spectrului său. Reprezentarea grafică a nivelului intensității sonore a unui sunet compus, în funcție de frecvență definește spectrograma sa (fig. 6.10).

Analizată pe un ecran osciloscopic sau prin înregistrare la un oscilograf, se obține oscilograma sunetului. Pentru analiza componentelor unui sunet se

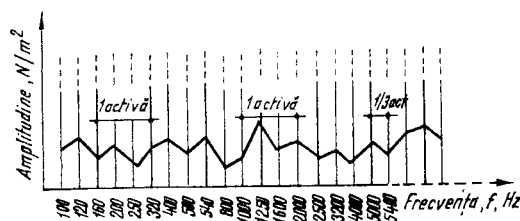


Fig. 6.10. Scala obișnuită de reprezentare grafică a frecvențelor utilizând ca unitate de măsură intervalul de 1/3 octavă.

folosesc analizoare de sunet, spectrometre de audiofrecvență și filtre de frecvență de 1/3, 1/2 sau 1 octavă (fig. 6.11).

6.2.4.3. Absorbția energiei sonore. Dacă o undă sonoră întâlnește un obstacol, au loc modificări ale direcției de propagare și ale caracteristicilor energetice. Astfel, o parte din energia incidentă se reflectă după legi similare undelor luminoase (fig. 6.12), altă parte din energie se propagă mai departe, pe direcția razei refractate, transformându-se parțial în căldură datorită frecărilor interioare dintre particulele de aer și pereții porilor materialelor. Cantitatea de energie netransformată în căldură străbate obstacolul și iese pe fața opusă a acestuia sub formă de energie transmisă.

Coeficientul de reflexie sonoră, α_r , al unei suprafețe este raportul dintre intensitatea sonoră reflectată I_r și intensitatea sonoră incidentă I_i , conform relației:

$$\alpha_r = \frac{I_r}{I_i} \quad (6.45)$$

Coeficientul de transmisie sonoră, α_{tr} , al unui element, pentru un sunet de frecvență dată, este raportul dintre intensitatea sonoră transmisă I_{tr} prin element și intensitatea sonoră incidentă I_i primită de elementul considerat, exprimat astfel:

$$\alpha_{tr} = \frac{I_{tr}}{I_i} \quad (6.46)$$

Coeficientul de absorbție sonoră, α_a , al unui element, pentru un sunet de frecvență dată, este raportul dintre intensitatea sonoră absorbită I_a de element

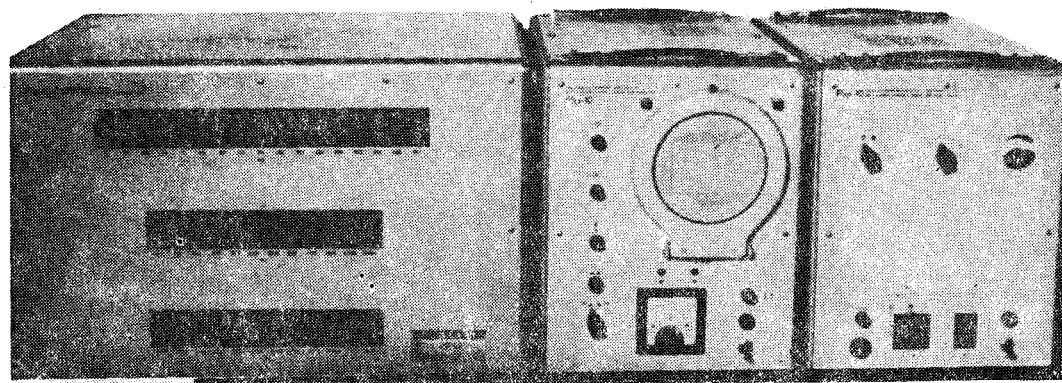


Fig. 6.11. Spectrometrul de audiofrecvență.

și intensitatea incidentă I_i , conform expresiei:

$$\alpha_a = \frac{I_a}{I_i} \quad (6.47)$$

Aplicând principiul conservării energiei, între coeficienții α_r , α_{tr} și α_a , există relația:

$$\alpha_r + \alpha_{tr} + \alpha_a = 1. \quad (6.48)$$

În elementele curente de construcții, energia sonoră ce trece prin obstacol este atenuată de mii de ori, adică α_{tr} este mai mic de 0,001. Coeficienții α_r și α_a se exprimă pentru unele materiale în zecimi de unități și deci sînt mult mai mari decît α_{tr} . Din această cauză, în studiile privind fenomenele de absorbție și reflexie a sunetelor în interiorul încăperilor se pot neglija fracțiunile de energie sonoră care au trecut prin obstacol și care s-au pierdut ireversibil în interiorul încăperii, considerînd cu aproximație:

$$\alpha_a + \alpha_r \cong 1. \quad (6.49)$$

Determinarea experimentală a coeficientului de absorbție acustică se poate realiza cu ajutorul tubului acustic, pe probe de dimensiuni mici sau în camera reverberantă, pe probe de materiale pînă la 10 m², prin măsurarea absorbției încăperii, cu și fără material fonoabsorbant și determinarea valorilor duratelor de reverberație în cele două situații, cu relația stabilită de Sabine:

$$T = 0,161 \frac{V}{A} = 0,161 \frac{V}{\sum \alpha_{ai} S_i} \quad (6.50)$$

în care T este durata de reverberație, definită prin timpul necesar ca energia emisă într-o încăpere să scadă la a milioana parte din valoarea inițială (cu 60 dB), după încetarea sursei, în s;

V — volumul încăperii, în m³;

A — absorbția acustică, înainte și după aplicarea materialului absorbant, în m².

Materialele poroase au proprietatea de a absorbi sunetele; astfel, pîslă, vată minerală, tencuială poroasă au coeficientul de absorbție acustică cuprins între 0,2 și 0,8, ceea ce arată că absorb bine sunetele, în domeniul frecvențelor înalte. Materialele de construcție compacte, cum sînt cărămida, betonul, metalele și lemnul, reflectă aproape complet sunetele, coeficientul de absorbție acustică al acestor materiale fiind cuprins între 0,02 și 0,08. Capacitatea de absorbție a sunetelor de către materialele poroase depinde de frecvență, așa cum rezultă din datele prezentate în tabelul 6.2.

La materialele poroase ușoare, coeficientul de absorbție sonoră crește cu frecvența sunetului. Materialele grele absorb mai bine sunetele din domeniul de joasă frecvență.

Ca unitate de absorbție acustică (unitate absolută) se consideră capacitatea de absorbție a unui m² de fereastră deschisă, denumită Sabine și exprimată în m² (unități de absorbție).

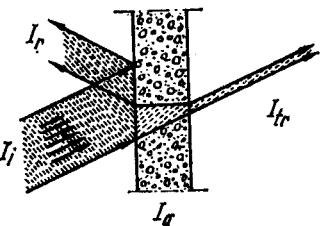


Fig. 6.12. Reflexia, absorbția și transmisia sunetelor prin elemente de construcție.

Tabelul 6.

Materialul	Coeficienții de absorbție, α_a , m ² , pentru frecvența, in Hz					
	125	250	500	1 000	2 000	4 000
Lină minerală de 10 cm grosime	0,42	0,66	0,73	0,74	0,76	0,79
Vată de sticlă afinată de 6 cm grosime	0,09	0,39	0,61	0,74	0,83	0,87
Pisla moale de 1,2 cm grosime	0,02	0,04	0,10	0,21	0,57	0,92
Covor de 5 cm grosime	0,04	—	0,50	—	0,52	—
Draperie de catifea (0,6 daN/m ²), montată la 10 cm distanță de perete	0,06	0,27	0,44	0,50	0,40	0,35
Parchet din esență tare, 18 mm grosime, montat în asfalt	0,04	0,04	0,07	0,06	0,06	0,07
Placaj de 3 mm grosime montat la 5 cm distanță de perete	0,11	0,21	0,10	0,05	0,03	0,02
Panouri policilindrice din placaj de 6 mm grosime	0,28	0,26	0,15	0,11	0,09	0,06
Geamuri montate în ferestre	0,35	0,25	0,18	0,12	0,07	0,04
Beton vopsit în vopsea de ulei	0,01	0,01	0,01	0,02	0,02	0,02
Tencuială netedă	0,01	0,02	0,02	0,03	0,04	0,05
Tencuială izolantă acustic, de 10 mm grosime	—	0,03	0,07	0,11	0,20	0,34
Linoleum de 6 mm grosime, montat pe beton	0,01	0,01	0,02	0,02	0,03	0,03
Absorbția publicului, 1 persoană pe m ²	0,17	0,36	0,47	0,52	0,50	0,46
Absorbția unui scaun din placaj	0,02	0,02	0,02	0,04	0,04	0,03
Absorbția unui fotoliu capitonat	0,11	0,18	0,28	0,35	0,45	0,42

Absorbția acustică totală, în m², a suprafeței S , caracterizată prin coeficientul de absorbție α_a , se poate estima cu relația:

$$A = \alpha_a S. \quad (6.51)$$

Coeficientul de transmisie acustică $\alpha_{tr} = \tau$, în funcție de intensitatea sonoră, se exprimă cu relația:

$$\tau = \alpha_{tr} = \frac{I_{tr}}{I_i}. \quad (6.52)$$

Se poate defini, astfel, gradul de reducere sonoră al unui element de construcție pe baza relației:

$$R = 10 \lg \frac{1}{\tau} = 10 \lg \frac{I_i}{I_{tr}}. \quad (6.53)$$

Reflexia și absorbția sunetelor într-o încăpere condiționează caracteristicile acustice ale încăperii și nivelul sunetului în spațiile învecinate.

6.2.5. SUNETUL CA FENOMEN FIZIOLOGIC

Sunetul fiziologic caracterizează senzația auditivă și se produce pentru vibrații având frecvența între 16 și 20 000 Hz, interval ce definește domeniul de audibilitate (fig. 6.13) și cuprinde sunetele pentru care urechea omenească este sensibilă la vibrații mecanice. Vibrațiile cu frecvența mai mică de 16 Hz alcătuiesc domeniul sub limita audibilității și se numesc *infrasunete*, iar cele cu frecvența mai mare de 20 000 Hz, alcătuiesc domeniul peste limita audibilității și se numesc *ultrasunete*.

Scara înălțimilor sunetelor, care exprimă aspectul fiziologic al frecvenței, permite ordonarea sunetelor în trei categorii:

- sunete grave, cu frecvența 20...200 Hz;
- sunete medii, cu frecvența 200...2 000 Hz;
- sunete înalte, cu frecvența 2 000...20 000 Hz.

Pentru ca un sunet să poată fi perceput, așa cum s-a subliniat, este necesar ca intensitatea sa sonoră să aibă o anumită valoare minimă ce depinde de frecvența sunetelor și de sensibilitatea urechii. Convențional, ca limită inferioară a sunetului perceptibil, se ia sunetul cu frecvența 1 000 Hz și presiunea sonoră $2 \cdot 10^{-5}$ N/m² sau 10^{-12} W/m². Această limită inferioară se numește *prag de audibilitate*, caracterizat prin valoarea presiunii acustice minime, pentru o frecvență dată, care produce o senzație auditivă percepută de un ascultător, otologic normal. La sunete cu frecvența mai mică și mai mare de 1 000 Hz, pragul de audibilitate crește, adică la sunete grave este necesară o intensitate sonoră mai mare, pentru ca sunetul să poată fi perceput. Sensibilitatea maximă a urechii corespunde sunetelor cu frecvența între 2 000 și 5 000 Hz.

Sunetele foarte puternice produc senzația de apăsare asupra timpanului și se transformă în durere, fenomen ce are loc pentru cele a căror presiune este de $2 \cdot 10^1$ N/m², la frecvența de 1 000 Hz. Limita superioară a audibilității sunetelor determină pragul senzației dureroase și se definește prin valoarea presiunii acustice, pentru o frecvență dată, care produce unui ascultător otologic normal o senzație de durere.

Sensibilitatea urechii omenești variază cu frecvența, în sensul că sensibilitatea este maximă pentru frecvențe apropiate de 1 000 Hz. În figura 6.14 se prezintă curbele Fletcher-Munson, de egal nivel de tărie sonoră (izosonice), pentru sunete percepute de un ascultător cu ureche normală.

Mărimile sonore prin care se exprimă cantitativ senzațiile auditive se numesc mărimi auditive și se referă la:

- intensitatea auditivă, I_a , ce caracterizează energetic tăria sunetului perceput de urechea omenească;
- nivelul de intensitate auditivă, L_a , care este de 10 ori logaritmul în baza 10 al raportului dintre intensitatea auditivă I_a a unui sunet și intensitatea

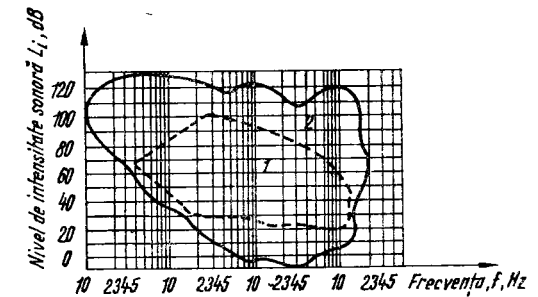


Fig. 6.13. Domeniul sunetelor audibile:
1 - general; 2 - muzical.

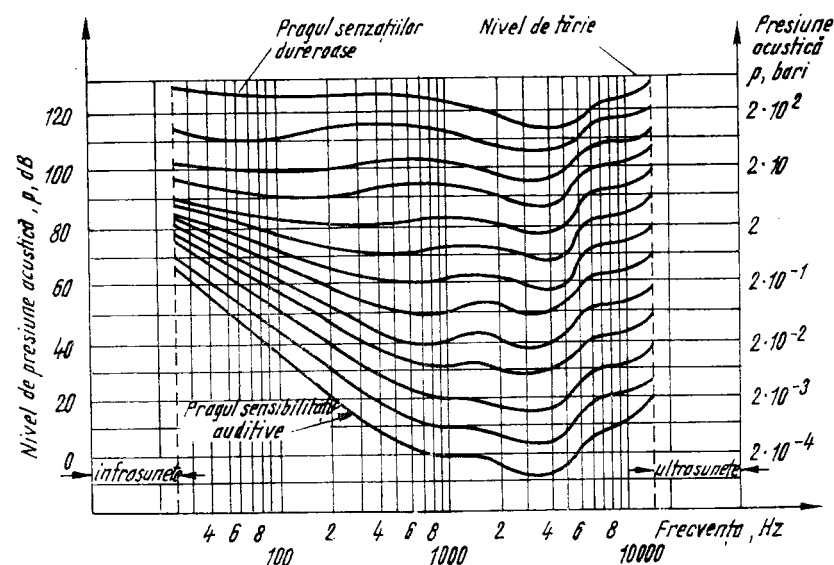


Fig. 6.14. Curbele nivelelor de egală tărie sonoră stabilite de Fletcher și Munson.

auditivă de referință I_a^0 , conform expresiei :

$$L_a = 10 \lg \frac{I_a}{I_a^0} = 20 \lg \frac{p_a}{p_a^0} \quad (6.54)$$

în care :

$$p_a^0 = 2 \cdot 10^{-5} \text{ N/m}^2.$$

Unitatea de măsură a nivelului de intensitate auditivă este *fonul* care prezintă nivelul de tărie a sunetului etalon cu frecvența de 1 000 Hz a cărui presiune acustică este egală cu presiunea de prag, $p_a^0 = 2 \cdot 10^{-5} \text{ N/m}^2$. Pentru sunetele cu frecvență de 1 000 Hz, valoarea nivelului intensității sonore, exprimată în dB, și aceea a intensității auditive, exprimată în foni, sînt egale, avînd același nivel de referință, și anume intensitatea sonoră de 10^{-16} W/cm^2 .

Folosirea unei scări logaritmice în aprecierea intensității auditive a sunetelor se explică prin aceea că intensitatea acustică sau presiunea acustică cresc ca numerele 1, 10, 100, 1 000, 10 000, iar intensitatea fiziologică corespunzătoare crește cu logaritmul intensității acustice, adică cu numerele 0, 1, 2, 3, 4, 5, ... Măsurarea nivelului de intensitate auditivă a sunetelor se face cu fonometrul (fig. 6.15), iar înregistrarea nivelului de intensitate a lor, cu ajutorul înregistratorului rapid de nivel sau hipsografului (fig. 6.16).

Fig. 6.15. Fonometrul Brüel și Kjaer.

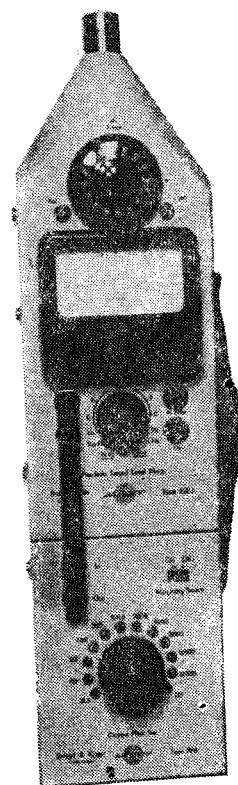
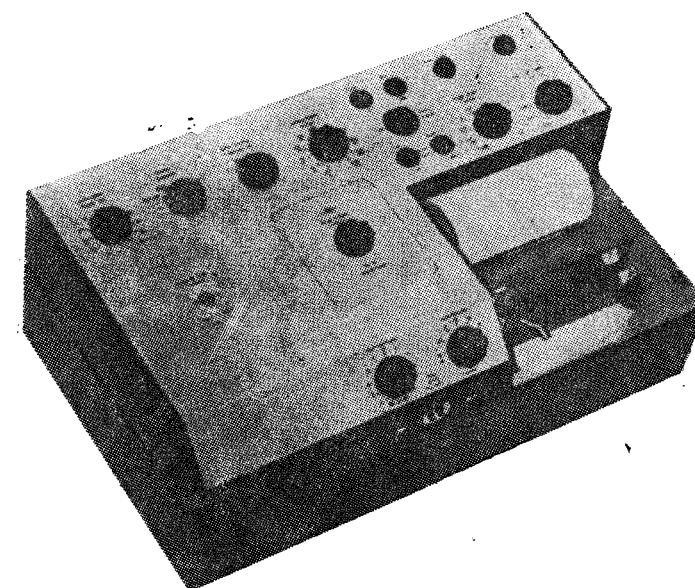


Fig. 6.16. Înregistrator rapid de nivel (hipsograf).



6.3. ZGOMOTUL EXTERIOR. CRITERIUL DE ZGOMOT

S-a arătat că zgomotul acționează perturbator asupra sistemului nervos; viața omului poate fi grav tulburată de sunetele care depășesc limita de intensitate admisibilă pentru organism ca și de liniștea pură, care se obține într-o cameră insonorizată, surdă. Zgomotul însoțește pretutindeni omul. Întreaga viață se desfășoară cu un zgomot de fond necesar, cu care omul s-a obișnuit și la care s-a adaptat, fiind determinat atât de zgomotele naturale, cît și de zgomote artificiale. Zgomotele artificiale sînt în continuă dezvoltare datorită industriei, urbanizării și gradului de civilizație. Aspectele nocive ale zgomotului încep să se manifeste pentru valori ale nivelului de intensitate auditivă mai mari de 80 foni. Caracteristicile zgomotului, care-l definesc sub aspectul nocivității, sînt: intensitatea, frecvența și durata expunerii la zgomot. Traumatismul sonor este produs și de puritatea unor sunete (cele complexe sînt mai puțin periculoase), de caracterul lor continuu sau discontinuu, de salturile de nivel ale zgomotelor față de valorile de fond ale intensității acestuia.

Măsurile constructive privind asigurarea confortului acustic și păstrarea nivelului acustic în limite acceptabile din punct de vedere biologic definesc măsurile de izolare fonice. Zgomotul poate fi transmis prin aer (zgomot aerian), prin vibrația construcțiilor și instalațiilor (zgomot structural) sau mixt.

Zgomotul aerian poate acționa la exteriorul sau interiorul încăperilor. Zgomotele exterioare sînt produse de circulația pietonilor și vehiculelor, de funcționarea mecanismelor și a instalațiilor.

Pentru aprecieri comparative ale nivelului intensității zgomotelor exterioare, L_{ext} , se prezintă valorile ce caracterizează nivelul de tărie al acestora în diferite condiții practice :

— turboreactoare	170 foni
— sirene	150 foni
— pragul senzației dureroase	130 foni
— motor de avion cu 1600 ture/min, la 5 m distanță	120 foni
— tren expres în viteză mare	110 foni
— motocicletă fără tobă de eșapament	100 foni
— stradă cu circulație intensă, metrou	90 foni
— birou de copiat acte cu mașini de dactilografiat, zgomot de tramvai	70 foni
— stradă cu circulație mijlocie, megafon	60 foni
— restaurant cu animație mijlocie	50 foni
— emisiune de muzică ușoară în locuință	40 foni
— stradă liniștită cu locuințe	30 foni
— șoaptă la distanță de 1 m	20 foni
— foșnetul frunzelor	10 foni
— liniște absolută, pragul senzației auditive	0 foni

Nivelul de zgomot ce se ia în considerare, în cazul cînd acțiunea sonoră prezintă variații de intensitate în timp, se apreciază printr-o valoare echivalentă, L_{ech} [46], exprimată prin relația :

$$L_{ex} = L_{ech} = \frac{q}{3} \lg \left[\frac{1}{T} \sum_{i=1}^n t_i 10^{\frac{0,3 L_i t_i}{q}} \right], \quad (6.55)$$

în care : L_i este nivelul de zgomot în timpul t_i , în dB ;

t_i — timpul în care zgomotul păstrează un anumit nivel, în s ;

$T = \sum_{i=1}^n t_i$ — timpul total de acțiune a zgomotului în s ;

$q = 4$ pentru zgomotele curente din construcții și trafic de străzi și $q = 3$ pentru orice alt zgomot.

În figura 6.17 se prezintă după normele ISO familia de curbe limită privind evaluarea și normarea zgomotului. Aceste curbe prezintă valorile admisibile ale nivelului de zgomot și permit stabilirea criteriului de nivel al unui anumit zgomot analizat. Astfel, curba C_{30} , corespunzătoare frecvenței de 1 000 Hz definește

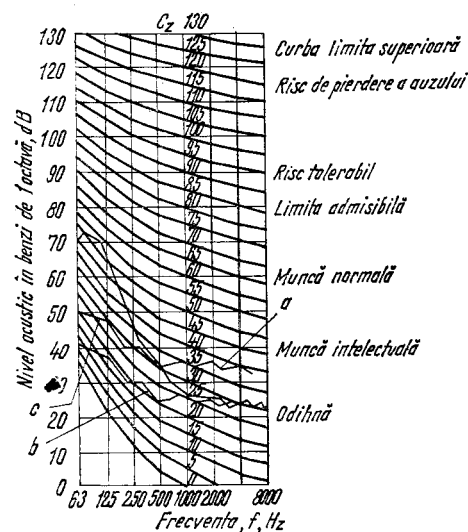


Fig. 6.17. Curbele limită privind criteriile de evaluare ale nivelului de zgomot, C_z , conform normelor internaționale :
a — zgomot analizat ; b — zgomot de fond ; c — zgomot perturbator (curba b + 10 dB).

criteriul de zgomot, respectiv valoarea limită pentru odihnă ; curba C_{50} stabilește criteriul de zgomot pentru munca intelectuală ; curba C_{70} definește limita nivelului de zgomot pentru munca normală de birou ; curba C_{85} definește criteriul limită de zgomot admisibil în industrie ; curba C_{95} reprezintă criteriul de zgomot cu risc tolerabil ; curba C_{115} caracterizează riscul de pierdere a auzului, iar curba C_{130} caracterizează limita superioară a audibilității. Criteriul de evaluare al unui anumit zgomot corespunde curbei de valoare maximă intersectată cu diagrama zgomotului analizat, astfel încît în nici un punct curba zgomotului analizat să nu o depășească cu mai mult de 2 dB. De exemplu, curba C_{50} reprezintă criteriul unui zgomot analizat, cazul curbei A din figura 6.17. Acțiunea unui zgomot perceput de ocupanții unei încăperi se consideră neperturbatoare dacă nivelul său mediu nu depășește cu 10 dB nivelul zgomotului de fond (curbele b și respectiv c).

Pentru protecția împotriva zgomotelor exterioare se pot lua următoarele măsuri :

- zonificarea orașelor pe funcțiuni, creîndu-se zonele : industrială (zgomotoasă), administrativă, comercială, de locuit, avînd amplasamente diferite, analizate sub incidența acțiunii nocive a zgomotului ;
- măsuri de atenuare a zgomotului la surse ;
- amplasarea zonelor de locuințe retrase față de arterele de circulație intensă ;
- întreținerea corespunzătoare a drumurilor carosabile și a mijloacelor de transport în comun ;
- limitarea zgomotelor pe străzi prin legi și regulamente ;
- realizarea de zone verzi între zonele de locuit și zonele zgomotoase și respectarea unor distanțe minime între zonele rezidențiale și zonele industriale.

La fixarea distanțelor dintre cartierele de locuit și cartierele zgomotoase, se are în vedere atenuarea zgomotelor datorită frecărilor în aer. Atenuarea zgomotelor în aer scade cu logaritmul distanței față de sursa de zgomot, în cazul unei surse punctiforme, conform relației :

$$L_a = 10 \lg \frac{I}{I_0} = 10 \lg \frac{P}{4 \pi d^2 I_0} = 10 \lg \frac{P}{4 \pi I_0} - 20 \lg d = L_{ex} - 20 \lg d, \quad (6.56)$$

în care P este puterea sursei sonore, în N/m^2 ;

I_0 — intensitatea sonoră, în N/m^2 ;

L_a — nivelul zgomotului atenuat, în dB ;

L_{ex} — nivelul zgomotului la sursă, în dB ;

d — distanța la care se consideră atenuarea zgomotului față de sursă (fig. 6.18), în m.

Practic, intensitatea sonoră a zgomotului scade cu circa 6 dB la fiecare dublare a distanței, $L = 20 \lg 2 = 6$ dB. Protecția acustică la acțiunea zgomotului exterior este asigurată dacă :

$$L_a < L_{ad}. \quad (6.57)$$

Dacă între sursele de zgomot exterior și clădire sînt prevăzuți arbori înalți cu coroană bogată și frunze late, se poate considera și atenuarea zgomotului datorită

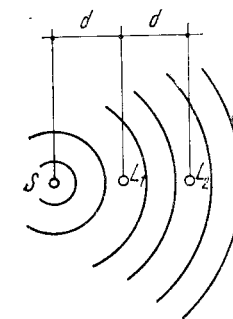


Fig. 6.18. Scăderea nivelului sonor în aer liber, în funcție de distanță.

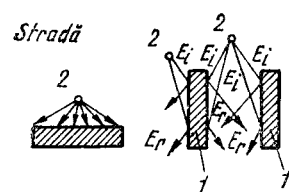


Fig. 6.19. Diverse poziții de amplasare a clădirilor de locuit față de sursa sonoră :

1 - clădire de locuit; 2 - sursă sonoră.

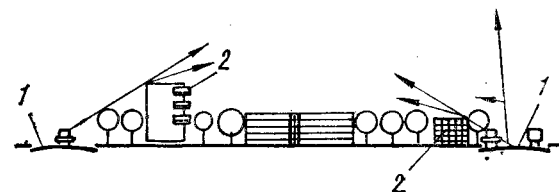


Fig. 6.20. Repartizarea clădirilor ecran într-un ansamblu de locuințe :

1 - stradă zgomotoasă; 2 - clădire ecran.

absorbției plantărilor, evaluându-se la 6...10 dB, cu valoarea maximă în zona frecvențelor înalte.

Protecția acustică a clădirilor este influențată de soluția de plan, care implică amplasarea încăperilor cu cerințe ridicate de confort spre curți interioare și parcuri, soluții constructive eficiente acustic, măsuri de izolare a instalațiilor din clădiri și finisaje absorbante acustic.

În cadrul măsurilor generale urbanistice, pentru reducerea și combaterea zgomotului aerian exterior, trebuie să se ia în considerare clima, relieful, apele, vegetația, orientarea, amplasarea și distanțele dintre clădiri, caracteristicile de construcție și de circulație ale străzilor, regimul de construcție. Vântul influențează transmisia zgomotului în direcția sa, aducând o creștere de 10...20 dB. Umiditatea mărită a atmosferei micșorează distanța de propagare și atenuează intensitatea zgomotului.

Nivelul sonor mediu obișnuit, ce caracterizează o anumită zonă a unui oraș constituie nivelul acustic de fond și are valoarea 35...50 dB.

Nivelul sonor mediu, la cele mai importante artere de circulație din cuprinsul orașelor, se evaluează la 65...75 dB, iar zgomotul provenit din transportul pe străzi și care pătrunde în camerele clădirilor de locuit poate ajunge în unele cazuri la 70...80 dB. Nivelul sonor al zgomotului produs de trenuri poate trece de 100 dB, iar frecvențele lui înalte îl fac extrem de greu de suportat. Zgomotul produs de avioane turboreactoare și supersonice depășește cu mult pragul superior de audibilitate, prezentînd valori ale nivelului de intensitate sonoră între 130 și 170 dB.

Repartizarea energiei sonore depinde de tipul străzilor. La străzi de tip culoar energia sonoră incidentă este reflectată și deci amplificată de clădiri, ceea ce conduce la creșterea nivelului de intensitate sonoră a zgomotului exterior.

Distribuția în spațiu a zgomotului depinde și de orientarea clădirilor față de fluxurile de circulație (fig. 6.19), longitudinală sau transversală. Unele clădiri pot asigura rolul de ecran pentru micșorarea transmisiei sonore în ansamblul de locuit (fig. 6.20).

6.4. IZOLAREA ACUSTICĂ LA ZGOMOTE AERIENE INTERIOARE

Zgomotele exterioare pătrund în interiorul clădirilor și afectează confortul acustic al încăperilor. În clădiri, zgomotul provine și datorită diferitelor surse interioare legate de destinația și funcționalitatea acestora. Zgomotele interioare se pot propaga prin următoarele căi :

— sub formă de energie sonoră transmisă prin conducție aeriană (zgomot aerian, fig. 6.21);

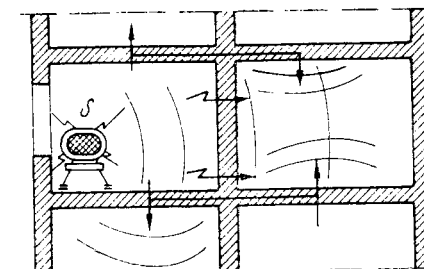


Fig. 6.21. Transmisia zgomotului aerian în clădiri.

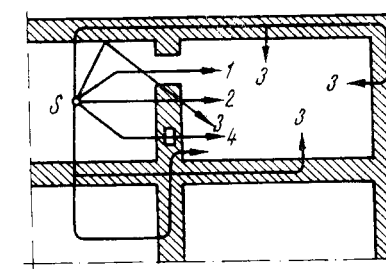


Fig. 6.22. Transmisia zgomotului în clădiri :

1 - transmisie prin deschideri (uși, ferestre);
2 - transmisie prin pereți; 3 - transmisie indirectă; 4 - transmisie prin conducție.

— sub formă de energie sonoră transmisă prin conducție solidă (zgomote structurale, fig. 6.22) și prin conducție aeriană.

Sursele interioare de zgomot pot fi : oamenii, instrumentele muzicale, aparatele de radio, mecanismele diverselor instalații tehnice ale clădirilor în timpul funcționării lor.

Zgomotele se pot clasifica după poziția sursei și după modul de transmitere.

După poziția pe care o ocupă sursa față de încăperi, zgomotele pot fi :

- interioare, cînd sursa generatoare de zgomot se află în interiorul clădirii;
- exterioare, cînd sursa generatoare de zgomot se află în exteriorul clădirii.

După modul de transmitere, zgomotele pot fi :

- propagate prin aer (zgomote aeriene);
- produse prin șoc (zgomote de impact);
- produse de funcționarea utilajelor și instalațiilor.

Pentru a micșora acțiunea zgomotelor asupra încăperilor și a clădirilor, în general, cele mai economice măsuri constau în amortizarea la sursă a acestora și amplasarea corespunzătoare a zonelor rezidențiale față de sursele de zgomot. Valorile admisibile ale nivelului zgomotului exterior se prezintă în tabelul 6.3.

Asigurarea confortului acustic implică o anumită capacitate de atenuare a pereților exteriori, interiori și a planșelor la acțiunea zgomotului aerian exterior și interior.

La dimensionarea elementelor de construcție (pereți exteriori, interiori și planșee) la acțiunea zgomotului aerian (fig. 6.23), trebuie asigurată inegalitatea :

$$D_{ef} > D_{nec} \quad (6.58)$$

în care D_{ef} este gradul de izolare acustică efectiv al elementului de construcție, în foni sau dB;

D_{nec} — gradul de izolare acustică necesar al elementului de construcție, în foni sau dB.

Gradul de izolare acustică, necesar la zgomot aerian, se calculează cu expresia :

$$D_{nec} = L_{ex} - L_{ad}[\text{dB}], \quad (6.59)$$

sau

$$D_{nec} = L_{in} - L_{ad}[\text{dB}],$$

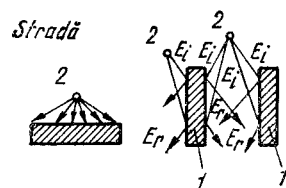


Fig. 6.19. Diverse poziții de amplasare a clădirilor de locuit față de sursa sonoră :

1 - clădire de locuit; 2 - sursă sonoră.

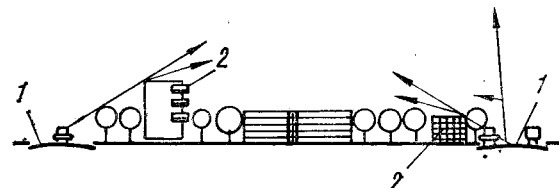


Fig. 6.20. Repartizarea clădirilor ecran într-un ansamblu de locuințe :

1 - stradă zgomotoasă; 2 - clădire ecran.

absorbției plantațiilor, evaluându-se la 6...10 dB, cu valoarea maximă în zona frecvențelor înalte.

Protecția acustică a clădirilor este influențată de soluția de plan, care implică amplasarea încăperilor cu cerințe ridicate de confort spre curți interioare și parcuri, soluții constructive eficiente acustic, măsuri de izolare a instalațiilor din clădiri și finisaje absorbante acustic.

În cadrul măsurilor generale urbanistice, pentru reducerea și combaterea zgomotului aerian exterior, trebuie să se ia în considerare clima, relieful, apele, vegetația, orientarea, amplasarea și distanțele dintre clădiri, caracteristicile de construcție și de circulație ale străzilor, regimul de construcție. Vântul influențează transmisia zgomotului în direcția sa, aducând o creștere de 10...20 dB. Umiditatea mărită a atmosferei micșorează distanța de propagare și atenuează intensitatea zgomotului.

Nivelul sonor mediu obișnuit, ce caracterizează o anumită zonă a unui oraș constituie nivelul acustic de fond și are valoarea 35...50 dB.

Nivelul sonor mediu, la cele mai importante artere de circulație din cuprinsul orașelor, se evaluează la 65...75 dB, iar zgomotul provenit din transportul pe străzi și care pătrunde în camerele clădirilor de locuit poate ajunge în unele cazuri la 70...80 dB. Nivelul sonor al zgomotului produs de trenuri poate trece de 100 dB, iar frecvențele lui înalte îl fac extrem de greu de suportat. Zgomotul produs de avioane turboreactoare și supersonice depășește cu mult pragul superior de audibilitate, prezentând valori ale nivelului de intensitate sonoră între 130 și 170 dB.

Repartizarea energiei sonore depinde de tipul străzilor. La străzi de tip culoar energia sonoră incidentă este reflectată și deci amplificată de clădiri, ceea ce conduce la creșterea nivelului de intensitate sonoră a zgomotului exterior.

Distribuția în spațiu a zgomotului depinde și de orientarea clădirilor față de fluxurile de circulație (fig. 6.19), longitudinală sau transversală. Unele clădiri pot asigura rolul de ecran pentru micșorarea transmisiei sonore în ansamblul de locuit (fig. 6.20).

6.4. IZOLAREA ACUSTICĂ LA ZGOMOTE AERIENE INTERIOARE

Zgomotele exterioare pătrund în interiorul clădirilor și afectează confortul acustic al încăperilor. În clădiri, zgomotul provine și datorită diferitelor surse interioare legate de destinația și funcționalitatea acestora. Zgomotele interioare se pot propaga prin următoarele căi :

— sub formă de energie sonoră transmisă prin conducție aeriană (zgomot aerian, fig. 6.21);

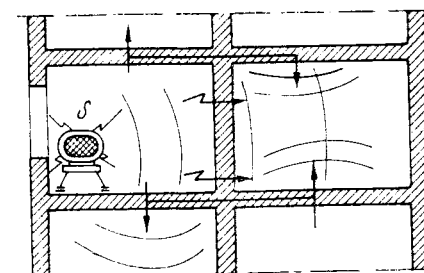


Fig. 6.21. Transmisia zgomotului aerian în clădiri.

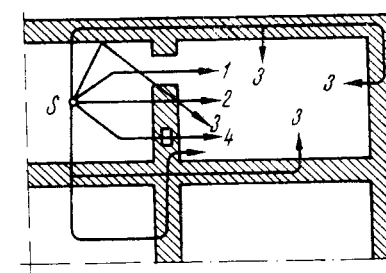


Fig. 6.22. Transmisia zgomotului în clădiri :

1 - transmisie prin deschideri (uși, ferestre); 2 - transmisie prin pereți; 3 - transmisie indirectă; 4 - transmisie prin conducție.

— sub formă de energie sonoră transmisă prin conducție solidă (zgomote structurale, fig. 6.22) și prin conducție aeriană.

Sursele interioare de zgomot pot fi : oamenii, instrumentele muzicale, aparatele de radio, mecanismele diverselor instalații tehnice ale clădirilor în timpul funcționării lor.

Zgomotele se pot clasifica după poziția sursei și după modul de transmitere. După poziția pe care o ocupă sursa față de încăperi, zgomotele pot fi :

- interioare, când sursa generatoare de zgomot se află în interiorul clădirii;
- exterioare, când sursa generatoare de zgomot se află în exteriorul clădirii.

După modul de transmitere, zgomotele pot fi :

- propagate prin aer (zgomote aeriene);
- produse prin șoc (zgomote de impact);
- produse de funcționarea utilajelor și instalațiilor.

Pentru a micșora acțiunea zgomotelor asupra încăperilor și a clădirilor, în general, cele mai economice măsuri constau în amortizarea la sursă a acestora și amplasarea corespunzătoare a zonelor rezidențiale față de sursele de zgomot. Valorile admisibile ale nivelului zgomotului exterior se prezintă în tabelul 6.3.

Asigurarea confortului acustic implică o anumită capacitate de atenuare a pereților exteriori, interiori și a planșeelor la acțiunea zgomotului aerian exterior și interior.

La dimensionarea elementelor de construcție (pereți exteriori, interiori și planșee) la acțiunea zgomotului aerian (fig. 6.23), trebuie asigurată inegalitatea :

$$D_{ef} > D_{nec} \quad (6.58)$$

în care D_{ef} este gradul de izolare acustică efectiv al elementului de construcție, în foni sau dB;

D_{nec} — gradul de izolare acustică necesar al elementului de construcție, în foni sau dB.

Gradul de izolare acustică, necesar la zgomot aerian, se calculează cu expresia :

$$D_{nec} = L_{ex} - L_{ad}[\text{dB}], \quad (6.59)$$

sau

$$D_{nec} = L_{in} - L_{ad}[\text{dB}],$$

Tabelul 6.3

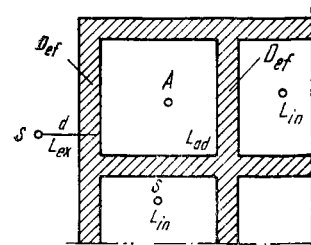


Fig. 6.23. Determinarea gradului de izolare acustică la zgomot aerian a pereților interiori și exteriori.

Zone urbane protejate	Valoarea admisibilă a nivelului zgomotului exterior, $L_{ad_{ext}}$	
	Exprimată în nr. de ordine al curbei C_z	Exprimată în dB _A
Zona de locuit	45	50
Zona de recreere și odihnă	40	45
Dotări protejate	40	45
Centru de cartier	50	55
Centru orașenesc	55	60

în care L_{ex} este nivelul perturbator teoretic sau măsurat al intensității zgomotului exterior din aer, în foni sau dB;

L_{in} — nivelul perturbator teoretic sau măsurat al intensității zgomotului din aer, în foni sau dB, produs în încăperi;

L_{ad} — nivelul admisibil al intensității zgomotului din aer, ce se consideră acceptabil în încăpere, în foni sau dB.

La acțiunea zgomotelor exterioare, protecția acustică a pereților exteriori se consideră asigurată, dacă gradul de izolare D_{ef} al peretelui exterior este superior valorilor:

35 dB în gama 100... 500 Hz;
40 dB în gama 500...1 500 Hz;
50 dB în gama 1 500...3 000 Hz.

Nivelul admisibil L_{ad} al zgomotului interior, în banda de o octavă cu frecvența medie de 1 000 Hz, pentru diverse categorii de încăperi și clădiri este:

saloane de spital (noaptea) 25 foni;
saloane de spital (ziua) 30...40 foni;
școli 30...40 foni;
aziluri de bătrâni 25...35 foni;
clădiri de locuit 45 foni.

Valorile admisibile ale nivelului de zgomot interior $L_{ad_{int}}$, în clădiri de locuit și social-culturale, exprimate în numărul de ordine al curbei C_z sau în dB, pentru cazul cînd locul de producere a zgomotului este exterior încăperii, sînt prezentate în tabelul 6.4.

Izolarea acustică între două apartamente se consideră asigurată dacă indicele de izolare al peretelui despărțitor, D_{ef} , măsurat pentru un număr suficient de frecvențe, prezintă valorile:

35 dB în gama de frecvențe 100... 500 Hz;
45 dB în gama de frecvențe 500...1 500 Hz;
55 dB în gama de frecvențe 1 500...3 200 Hz.

În cazul cînd indicele necesar de izolare acustică la zgomotul aerian, D_{nec} , rezultă mai mare de 48 dB, se ia în considerare influența absorbției sonore din încăpere.

Tabelul 6.4

Unitatea funcțională	Valoarea admisibilă a zgomotului interior, $L_{ad_{int}}$	
	Exprimată în nr. de ordine al curbei C_z	Exprimată în dB _A
Apartamente, camere de locuit în case de oaspeți, hoteluri, cămine	30	35
Camere de bolnavi și săli de operație în spitale și sanatorii	30	35
Cabinete de consultație în policlinici, spitale	35	40
Săli de clasă, săli de conferințe, încăperi pentru copii în grădinițe sau creșe	35	40

Absorbția sunetului în încăpere se evaluează cu expresia:

$$A = \alpha_i S_i, \quad (6.60)$$

în care A este absorbția totală a încăperii, în m^2 ;

α_i — coeficient de absorbție al materialului sau al obiectului din încăpere, variabil cu frecvența;

S_i — suprafața elementului din materialul cu coeficientul de absorbție α_i , în m^2 .

Determinarea micșorării nivelului de intensitate sonoră a unui sunet, ΔL_i , emis într-o încăpere cu absorbția acustică A_1 , după introducerea materialelor absorbante, se estimează cu relația:

$$L_i = 10 \lg \frac{A_2}{A_1}, \quad (6.61)$$

în care A_1 este absorbția totală acustică, inițială, în m^2 ;

A_2 — absorbția totală după introducerea materialelor absorbante, în m^2 .

Absorbția acustică într-o încăpere, datorită aerului, se poate estima aproximativ cu relația:

$$A \cong 0,35 \sqrt{V}, \quad (6.62)$$

în care V este volumul încăperii, în m^3 .

6.5. ATENUAREA ZGOMOTULUI AERIAN PRIN PEREȚI ȘI PLANȘEE PE BAZA TEORIEI ECRANELOR

Pereții sau planșeele pot fi considerate la acțiunea zgomotului aerian, ecrane simple, ce separă încăperile între ele sau de mediul înconjurător, pe verticală sau orizontală.

Într-o primă aproximație, gradul de atenuare acustică al unui element de construcție la zgomotul aerian poate fi calculat cu expresia:

$$D_{ef} = 10 \lg \frac{1}{\tau} = 10 \lg \frac{I_t}{I_{tr}}. \quad (6.63)$$

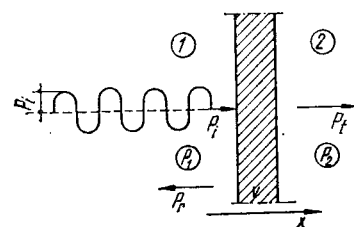


Fig. 6.24. Ipoteza elementului de construcție considerat ca piston rigid sub acțiunea vibrației aerului.

Încăperea acționează presiunea rezultantă $p_1 = p_i + p_r$. În încăperea 2 învecinată acționează presiunea transmisă $p_2 = p_r$. Deoarece viteza aerului în încăperile 1 și 2 în vecinătatea elementului de construcție este aceeași, în ipoteza că peretele se consideră piston ce vibrează, fără legături pe contur cu celelalte elemente de construcție, se poate scrie ecuația mișcării, în direcția spațiului x :

$$M \frac{d^2x}{dt^2} = F_1 - F_2, \quad (6.64)$$

în care M este masa totală a ecranului, iar F_1 și F_2 — forțele totale ce acționează în încăperile 1 și 2.

Dacă se împarte M la suprafața S a ecranului, se obține ecuația diferențială a mișcării:

$$m \frac{d^2x}{dt^2} = p_1 - p_2. \quad (6.65)$$

Se consideră expresia presiunii p_1 din încăperea 1 și viteza v a ecranului:

$$p_1 = p_i + p_r; v = v_i - v_r. \quad (6.66)$$

Înmultiplicînd termenii din expresia vitezei cu $\rho_0 c$ se obține:

$$\rho_0 c v = \rho_0 c v_i - \rho_0 c v_r. \quad (6.67)$$

Relația (6.67) se poate scrie:

$$\rho_0 c v = p_i - p_r. \quad (6.68)$$

Adunînd relațiile (6.66) și (6.68) rezultă:

$$p_1 = 2p_i - \rho_0 c v. \quad (6.69)$$

Reînmducînd expresia mișcării se obține:

$$m \frac{d^2x}{dt^2} = p_1 - p_2 = 2p_i - \rho_0 c v - \rho_0 c v, \quad (6.70)$$

deoarece:

$$p_2 = \rho_0 c v. \quad (6.71)$$

În final rezultă:

$$m \frac{d^2x}{dt^2} = 2(p_i - \rho_0 c v). \quad (6.72)$$

Cunoscînd că viteza mișcării este $v = \frac{dx}{dt}$, în cazul oscilației periodice sub forma armonică, complexă, viteza se poate exprima astfel:

$$v = \bar{v} e^{j\omega t}, \text{ în care } j = \sqrt{-1}, \quad (6.73)$$

iar:

$$\frac{dv}{dt} = j\omega \bar{v} e^{j\omega t} = j\omega v. \quad (6.74)$$

Ecuația mișcării se poate pune sub forma:

$$j\omega v m = p_1 - p_2 = 2(p_i - \rho_0 c v), \quad (6.75)$$

de unde:

$$2p_i = \rho_0 c v + \frac{j\omega m v}{2}. \quad (6.76)$$

Expresia coeficientului de reducție sonoră se poate scrie:

$$\begin{aligned} D_{ef} &= 10 \lg \frac{1}{\tau} = 10 \left[\lg \frac{p_i}{p_t} \right]^2 = 10 \lg \left[\frac{\rho_0 c v + \frac{j\omega m v}{2}}{\rho_0 c v} \right]^2 = \\ &= 10 \lg \left[1 + \frac{j\omega m}{2 \rho_0 c} \right]^2 \cong 20 \lg \frac{\omega m}{2 \rho_0 c}. \end{aligned} \quad (6.77)$$

În relația (6.77) se are în vedere faptul că $\frac{j\omega m}{2 \rho_0 c} \gg 1$.

Considerînd $\omega = 2\pi f$, gradul de atenuare acustică a peretelui la zgomotul aerian este:

$$D_{ef} = 20 \lg \frac{2\pi f m}{2 \rho_0 c} = 20 \lg \frac{\pi f m}{\rho_0 c}. \quad (6.78)$$

Rezultă că gradul de atenuare acustică al elementului de construcție depinde de frecvență și de masă.

Această relație este cunoscută sub denumirea de *legea masei*, stabilită de B e r g e r, care exprimă gradul de izolare acustică al elementului de construcție,

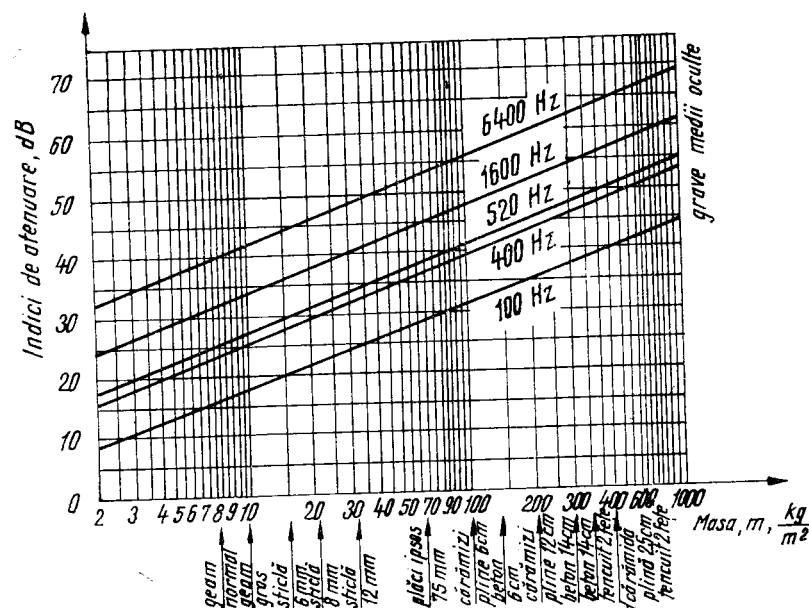


Fig. 6.25. Variația izolării acustice a elementelor de construcție, în funcție de masă, legea lui Berger.

la zgomotul aerian, ce variază exponențial cu masa, adică la fiecare dublare a masei sau a frecvenței se obține o atenuare de 4 dB.

În diagramele din figura 6.25 se prezintă variațiile indicelui D de izolare acustică al elementelor de construcție, în funcție de masă.

6.6. ATENUAREA ACUSTICĂ LA ZGOMOT AERIAN A ELEMENTELOR DE CONSTRUCȚIE; LUÎND ÎN CONSIDERARE LEGĂTURILE PE CONTUR

6.6.1. IPOTEZA MEMBRANĂ FĂRĂ RIGIDITATE LA ÎNCOVOIERE

Ipoteza pistonului rigid nu corespunde comportării reale a elementului de construcție sub acțiunea complexă a oscilațiilor sonore, acționind ca unde incidente compuse cu unde reflectate, cu înclinări diferite asupra peretelui.

Considerind unghiul θ (fig. 6.26) de înclinare a undelor sonore față de normala la elementul de construcție, expresia indicelui de atenuare este:

$$D_{ef} = 10 \lg \frac{1}{\tau} = 20 \lg \left(\frac{m\omega \cos \theta}{2\rho_0 c} + 1 \right) \quad [(6.79)]$$

Se constată că indicele de atenuare acustică scade cu creșterea unghiului de incidență a undelor sonore, devenind nul pentru $\theta = 90^\circ$.

Integrind efectul atenuării acustice, pentru $\theta = 0 \dots 90^\circ$ se constată o abatere în minus a gradului de izolare acustică a elementelor de construcție, de la legea masei, până la 10 dB.

Legăturile elastice ale elementului pe contur echivalează cu o reducere a masei acestuia, cu un coeficient a , astfel încât masa redusă m' este:

$$m' = am. \quad (6.80)$$

Luind în considerare o variație a masei m între 2 și 453 kg/m², s-a obținut o variație a coeficientului a , cuprinsă între 0,2 și 0,13, independent de frecvență, ceea ce permite să se scrie expresia gradului de izolare acustică a peretelui, luind în considerare comportarea ca o membrană încastată elastic pe contur, sub forma:

$$D_{ef} = 20 \lg \frac{m\omega a}{2\rho_0 c} - 6. \quad (6.81)$$

Încăstrarea pe contur a elementului de construcție poate aduce o scădere suplimentară a atenuării acustice, de ordinul 15 dB, ceea ce este esențial în realizarea confortului acustic.

6.6.2. IPOTEZA MEMBRANĂ RIGIDĂ LA ÎNCOVOIERE. FRECVENȚA DE REZONANȚĂ

Un aport deosebit la studiul atenuării acustice îl aduce Cremer, prin teoria efectului de coincidență. În opoziție cu ipoteza pistonului rigid, în teoria coincidenței se consideră că elementul de construcție are o anumită elasticitate, care poate provoca o rezonanță și deci o scădere a atenuării acustice în zona frecvențelor proprii. În ipoteza pistonului rigid, s-a considerat că peretele posedă o anumită masă, fără elasticitate. Elasticitatea nu intervine deloc la pereții grei și chiar la pereții ușori. În ipoteza de membrană, peretele vibrează ca o placă rezemată pe laturile sale și este caracterizat de frecvențe de rezonanță.

Se face, de asemenea, observația că și la plăcile subțiri unde ce cad oblic pe suprafața peretelui și ies tot oblic au o atenuare care variază cu unghiul de incidență θ (fig. 6.27); o fișie din perete, sub acțiunea undelor incidente oblic, poate fi asimilată cu o coardă foarte groasă, supusă unor oscilații de flexiune, care prezintă următoarea ecuație a mișcării libere:

$$m \frac{d^2 y}{dt^2} = -B \frac{d^2 y}{dx^2} \quad (6.82)$$

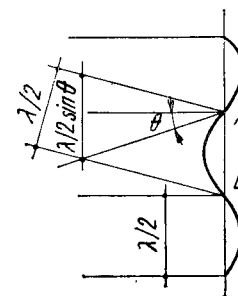


Fig. 6.27. Încovoierea unui perete sub acțiunea oscilațiilor sonore.

în care x este abscisa în lungul corzii;

y — ordonata normală pe perete, în punctul considerat origine;

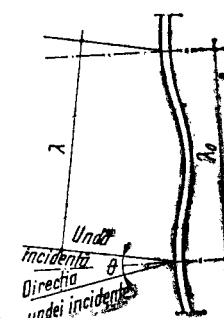


Fig. 6.26. Unghiul de incidență θ a oscilațiilor sonore.

B este rigiditatea la încovoiere, ce poate fi exprimată de relația :

$$B = \frac{EI}{1 - \sigma^2}. \quad (6.83)$$

Mărimea frecvenței de rezonanță a elementului de construcție, ce caracterizează domeniul de minimă atenuare, se poate calcula cu expresia :

$$f_{rez} = \frac{c^2}{2\pi \sin \theta} \sqrt{\frac{m}{EI}}, \quad (6.84)$$

în care θ este unghiul de incidență oblică a undelor sonore.

Fenomenul de coincidență are loc pentru :

$$\lambda = \lambda_0 \sin \theta.$$

Fenomenul de coincidență trebuie evitat astfel ca frecvența proprie a elementului de construcție să fie în exteriorul gamei audibile. Pentru pereții de masă mare, rigizi, este necesar ca $f_{rez} < 100$ Hz, iar pentru pereții elastici, $f_{rez} > 3200$ Hz. În afara domeniului de coincidență, atenuarea acustică ascultă de legea masei. Frecvența limită, la care atenuarea este optimă, este dată de expresia :

$$f_{lim} = \sqrt{2} f_{rez} \quad (6.85)$$

La ecrane duble (pereți cu strat de aer) există o frecvență de rezonanță f_{rez} a ansamblului, f_1 și f_2 fiind frecvențele proprii ale elementelor componente ale ecranului dublu (fig. 6.28), de masă m_1 și m_2 .

Cele două elemente ale unui perete dublu, separate de un strat de aer, se comportă ca două mase legate de un resort, r , a cărui elasticitate echivalează pe aceea a aerului (fig. 6.29). Sistemul mecanic echivalent are o frecvență fundamentală de rezonanță, f_{rez} , a cărei valoare depinde de masele fiecărui element și de elasticitatea resortului (aerului).

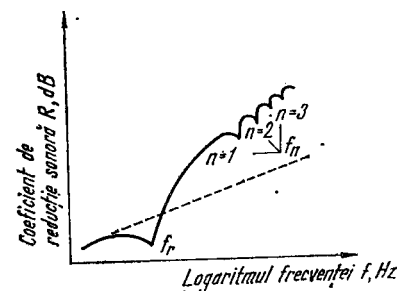


Fig. 6.28. Variația reduției sonore cu frecvența la un perete dublu, pentru o incidență normală a sunetului.

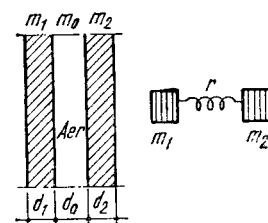


Fig. 6.29. Echivalența mecanică a peretelui dublu ca sistem oscilant.

Frecvența de rezonanță f_{rez} a ansamblului se poate estima pe baza expresiei (6.86) și trebuie să fie inferioară valorii de 75 Hz :

$$f_{rez} = \frac{\rho C}{2\pi} \sqrt{\frac{m_1 + m_2 + m_0}{m_1 m_2 m_0}} \leq 75 \text{ Hz}, \quad (6.86)$$

în care m_1 , m_2 , m_0 reprezintă masa straturilor componente de grosimi d_1 , d_2 și respectiv a aerului, de grosime d_0 și deci $m_0 = \rho_0 d_0$ (pentru aer).

6.7. METODE PRACTICE PRIVIND EVALUAREA IZOLĂRII ACUSTICE A PEREȚILOR ȘI PLANȘELOR

6.7.1. IZOLAREA PEREȚILOR LA ZGOMOT AERIAN

Izolarea acustică a pereților la zgomotul aerian se apreciază prin gradul de izolare acustică efectiv, D_{ef} , ce se poate calcula cu ajutorul unor relații simplificate, bazate pe legea masei sau se poate determina prin măsurarea caracteristicilor elementelor, în laborator sau pe cale experimentală direct în clădiri în funcțiune.

Prin calcul, gradul mediu efectiv de izolare acustică al pereților și planșelor se poate estima, în funcție de greutatea pe m^2 a elementului de construcție :

— pentru pereți cu greutatea $m < 200$ daN/m²

$$D_{ef} = 13,5 \lg m + 13, \quad (6.87)$$

în care m este greutatea elementului de construcție, în daN/m² ;

— pentru pereți cu greutatea $m > 200$ daN/m² ;

$$D_{ef} = 23 \lg m - 9 ; \quad D_{ef} = 18 \lg m + 8 \quad (6.88)$$

sau

$$D_{ef} = 20 \lg m.$$

La pereții alcătuiți din două sau mai multe straturi (fig. 6.30), separate cu lamele de aer, gradul efectiv de izolare acustică depinde de transmisia zgomotului pe cale directă, indirectă și prin rigidizări și se calculează cu relațiile :

— pentru pereți cu greutatea $m_i < 200$ daN/m² :

$$D_{ef} = 13,5 \lg (m_1 + m_2) + 13 + \Delta D ; \quad (6.89)$$

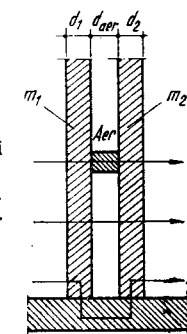


Fig. 6.30. Gradul de izolare acustică la pereți cu strat de aer :

1 - transmisia zgomotului direct ; 2 - transmisia zgomotului prin îmbinări ; 3 - transmisia zgomotului prin legături.

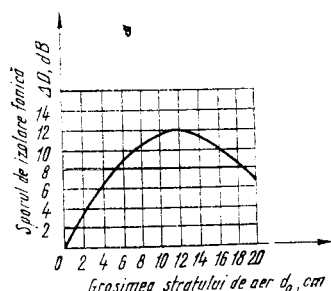


Fig. 6.31. Gradul de izolare acustică a stratului de aer, în funcție de frecvență.

— pentru pereți cu greutatea $m_i > 200$ daN/m² :

$$D_{ef} = 23 \lg (m_1 + m_2) - 9 + \Delta D, \quad (6.90)$$

în care m_1 și m_2 sînt greutatea straturilor peretelui în daN/m², iar ΔD — aportul de izolare al stratului de aer, în funcție de grosime, conform datelor din diagrama Dürigamner-Kammerer (fig. 6.31).

Pentru evaluarea gradului real de izolare acustică trebuie să se ia în considerare și absorbția sonoră din camera de recepție, astfel că rezultă :

$$D'_{ef} = D_{ef} + 10 \lg \frac{A}{S}, \quad (6.91)$$

în care : D'_{ef} este gradul de izolare acustică, real, în dB ;

D_{ef} — gradul de izolare acustică, fără influența absorbției acustice, în dB ;

A — absorbția acustică totală a încăperii, în m² ;

S — suprafața elementului de construcție pentru care se determină gradul de izolare acustică, în m².

Valorile indicilor de izolare acustică, determinați cu aceste relații, se consideră valori medii pentru frecvența de 500 Hz, care este medie geometrică a frecvențelor 50 și 5 000 Hz.

Gradul efectiv de izolare acustică, în funcție de frecvență, se poate estima cu expresia :

$$D_{ef} = 18 \lg m + 12 \lg f - 25. \quad (6.92)$$

Pentru a se determina domeniul de izolare minimă, se calculează frecvența de rezonanță (coincidentă) a unui element de construcție, de grosime d , în cm, cu expresia :

$$f_{rez} = \frac{20\,000}{d} \sqrt{\frac{\rho_0}{E}}, \quad (6.93)$$

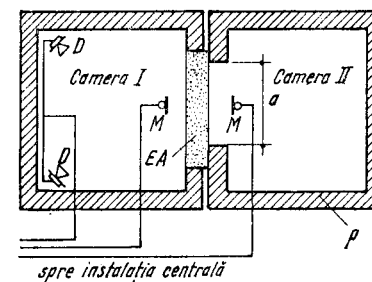
în care ρ_0 reprezintă densitatea specifică aparentă, în daN/m³, iar E — modulul de deformare al materialului, în daN/cm².

La pereți cu lamelă de aer se poate calcula frecvența de rezonanță a peretelui dublu cu relația :

$$f_{rez} = \frac{120}{\sqrt{md_{aer}}}, \quad (6.94)$$

Fig. 6.32. Schema laboratorului pentru determinarea experimentală a gradului de izolare acustică la transmisia zgomotului aerian :

D — difuzor ; M — microfon ; EA — element de probă la transmisia zgomotului aerian ; P — pereți cu capacitate de izolare acustică ridicată.



în care m este masa totală a peretelui despărțitor din 2 straturi de grosimi egale, în daN/m², iar d_{aer} — grosimea lamelei de aer, în m.

În cazul straturilor de mase diferite se poate folosi relația :

$$f_{rez} = 50 \sqrt{\frac{E}{d_{aer} \left(\frac{1}{m_1} + \frac{1}{m_2} \right)}}, \quad (6.95)$$

în care E este modulul de elasticitate dinamică a aerului, egal cu 1,45 daN/cm².

Eficiența izolării acustice a elementului de construcție compus este asigurată pentru valori superioare frecvenței limită, definită de relația :

$$f_{lim} = \sqrt{2} f_{rez}. \quad (6.96)$$

Determinarea pe cale experimentală a gradului de izolare acustică se bazează pe emisia sunetelor în domeniul de frecvențe 100...3 200 Hz, cu nivelul de intensitate sonoră superior nivelului zgomotului atenuat în camera de recepție. Măsurătorile se pot efectua în camere laborator folosind elemente standard (fig. 6.32) sau la clădiri în exploatare.

În figura 6.33 se prezintă schema instalației de emisie a zgomotului, alcătuită din generator de ton, amplificator, difuzor și microfon și schema instalației de recepție alcătuită din microfon, amplificator, filtru și fonometru. Prin comutarea instalației de măsurare cu camerele de emisie și recepție se măsoară nivelurile de intensitate L_1 și L_2 în cele două încăperi I și II.

Microfonul este partea cea mai sensibilă din complexul electroacustic de recepție. Sînt indicate microfoanele Neumann tip condensator, omnidirecționale, cu caracteristică de liniaritate pentru toate benzile de frecvență, etalonate cu ocazia fiecărei măsurători cu ajutorul sursei etalon de excitare.

Difuzoarele joacă rol de traductori care transformă energia acustică și trebuie să aibă o putere de 12,5...25 W fiecare și să dezvolte o presiune acustică de minimum 0,2 N/m² în

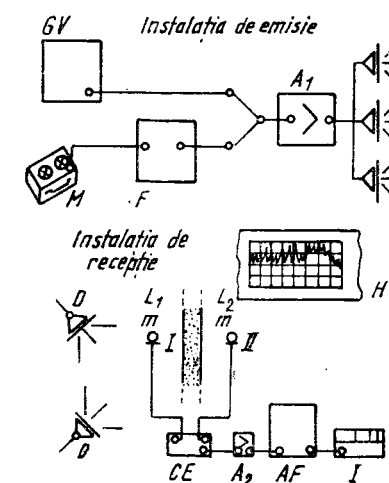


Fig. 6.33. Schema instalației pentru măsurarea gradului de izolare acustică la transmisia zgomotului aerian :

GV — generator de ton ; A_1 , A_2 — amplificator ; D — difuzor ; F — filtru ; M — magnetofon ; m — microfon ; CE — comutator ; AF — amplificator filtru ; I — înregistrator rapid de nivel ; H — oscilograma zgomotului .

punctul situat pe axa de lucru la o distanță de 1 m, la toate frecvențele ce interesează.

Indicele experimental efectiv de izolare acustică al unui element de construcție poate fi considerat în diferite accepțiuni.

Indicele de izolare brută se definește ca diferența dintre nivelurile de presiune acustică medie din încăperea în care se emite sunetul, L_1 , și încăperea în care se recepționează, L_2 , conform cu relația:

$$D_b = L_1 - L_2. \quad (6.97)$$

Indicele de izolare brută, D_b , nu caracterizează riguros izolarea acustică asigurată de elementele de construcție, deoarece nu exprimă și influența absorbției acustice a încăperii.

Indicele standard de izolare acustică definește izolarea acustică a unui element de construcție la o încăpere de recepție cu capacitatea echivalentă de absorbție de 10 m^2 , ceea ce corespunde capacității de absorbție acustică la încăperi mobilate normal. Se calculează cu expresia:

$$D = L_1 - L_2 + 10 \lg \frac{A_0}{A}, \quad (6.98)$$

în care: A este suprafața de absorbție echivalentă a încăperilor de recepție, în m^2 ;

A_0 — suprafața de absorbție echivalentă de referință, luată în general egală cu 10 m^2 .

Indicele de izolare acustică sau reducere sonoră, calculat cu relațiile (6.99) sau (6.100):

$$R = 10 \lg \frac{W_1}{W_2}, \quad (6.99)$$

în care W_1 este energia sonoră emisă, în dB;

W_2 — energia recepționată, în dB.

Cînd perețele separă două încăperi învecinate, indicele de reducere sonoră este dat de relația:

$$R = L_1 - L_2 + 10 \lg \frac{A}{S}, \quad (6.100)$$

în care S este suprafața peretelui, în m^2 .

Dimensionarea privind gradul de izolare acustică la zgomotul aerian constă în verificarea inegalității:

$$R \geq D_{\text{req}} \quad (6.101)$$

Indicii de reducere acustică, în funcție de frecvență, sînt prezentați în graficele din figura 6.34. Curbele a, b, c, d, e, f, g , din diagramă corespund valorilor minime ale indicelui de reducere acustică pentru frecvența de 800 Hz, avînd valorile 53, 48, 43, 35, 30, 25 dB, în funcție de tipul elementului de construcție. Rezultatele situate deasupra unei curbe caracterizează zona favorabilă corespunzătoare elementului de construcție considerat.

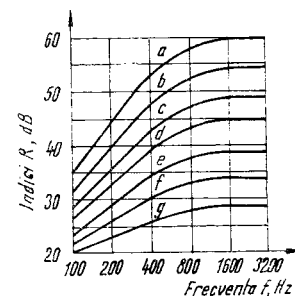


Fig. 6.34. Indici de reducere sonoră R , în funcție de frecvență (valori minime) conform STAS 6156-68:

a — pereți exteriori fără ferestre sau la spitale; b — pereți exteriori la locuințe; c — pereți interiori la spitale; d — pereți interiori la locuințe; e — pereți exteriori cu ferestre; f — ferestre duble; g — uși duble.

Descrierea elementelor de construcție	Grosimea totală d , cm	Greutatea totală G , daN/m ²	Indicele de atenuare R , dB (valori medii)
Zidărie de cărămidă plină tencuită pe ambele fețe, de grosime:			
— 1/4 cărămidă;	10	180	42*
— 1/2 cărămidă;	15	240	46*
— 1 cărămidă;	28	500	50
— 1 1/2 cărămidă;	40	720	53
— 2 cărămizi.	53	950	55
Zidărie de cărămidă cu găuri, tencuită pe ambele fețe (găurită numai în interiorul peretelui), de grosime:			
— 1/4 cărămidă;	10	140	40
— 1/2 cărămidă;	15	210	40
— 1 cărămidă.	28	400	48
Plăci de ipsos cu zgură, tencuite pe ambele fețe	10	140	41
Plăci de beton cu zgură, tencuite pe ambele fețe	10	180	44
Plăci de beton ușor, tencuite pe ambele fețe	10	100	38
Plăci stufit 5 cm grosime, tencuite pe ambele fețe	8	100	40
Două straturi de plăci de stufit, de 5 cm grosime, lipite cu un strat de mortar, tencuite pe fețele exterioare	16	160	46

* În cazul execuției zidăriei cu mortar de ciment și a tencuielilor cu mortar de var cu adaos de ciment, indicii R se măresc la 44, respectiv, 48 dB.

În conformitate cu STAS 6156-68 se prezintă, în tabelul 6.5, valorile indicilor R de atenuare acustică pentru elemente de construcție, în funcție de natura lor și destinația clădirilor.

Evaluarea globală a capacității de izolare la zgomot aerian a unui element despărțitor de construcție se face în raport cu curba etalon, folosind indicele de izolare la zgomot aerian E_A , a cărui valoare se stabilește prin deplasarea paralelă a curbei de referință 1 (fig. 6.35), față de curba valorilor măsurate ale indicilor de reducere sonoră R , curba 2, astfel încît valoarea totală a abaterilor negative ale ordonatelor curbei măsurate, să nu depășească 30 dB (în medie cu 2 dB pentru cele 15 treimi de octavă în domeniul 100...3150 Hz). În cazul deplasării curbei de referință în zona rezultatelor nefavorabile, rezultă valori negative pentru E_A (de exemplu, pentru curba 3, $E_A = -2 \text{ dB}$).

În cazul deplasării curbei de referință spre zona rezultatelor favorabile, rezultă pentru E_A valori pozitive.

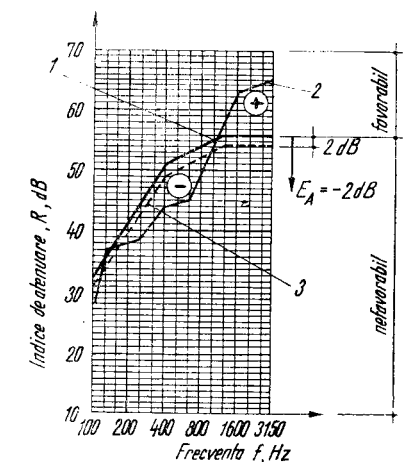


Fig. 6.35. Evaluarea indicelui de izolare E_A , la zgomotul aerian:
1 — curba etalon; 2 — curba cu rezultatele măsurătorilor; 3 — curba etalon deplasată.

În funcție de tipul și clasa elementului despărțitor de construcție, indicele de izolare la zgomotul aerian, E_A , trebuie să prezinte valori admisibile între -1 și +8 dB.

Pentru elemente despărțitoare într-un strat, precum și pentru calcule orientative, indicele de izolare la zgomot aerian E_A poate fi calculat cu relația:

$$E_A = R_m - 48 \quad (6.102)$$

în care R_m reprezintă indicele de atenuare mediu al structurii, determinat în funcție de masa sa, în daN/m^2 , cu una din relațiile (6.87) sau (6.88).

6.7.2. IZOLAREA PLANȘEEELOR LA ZGOMOT AERIAN

La planșee, spre deosebire de pereți, transmisia zgomotului are loc atât prin aer, cât și prin vibrațiile concentrate produse de circulația persoanelor, mișcarea mobilierului sau funcționarea instalațiilor. Capacitatea de izolare acustică a planșeeelor, la zgomotele din aer, depinde de masa elementului de construcție, putîndu-se lua în considerare într-o primă ipoteză, planșeul fără pardoseală (brut) și în a doua ipoteză, ansamblul planșeu-pardoseală, corespunzător situației normale de exploatare. Ca și în cazul pereților, dimensionarea la zgomotul aerian a planșeeelor implică luarea în considerare a inegalității:

$$D_{ef} \geq D_{nec} \quad (6.103)$$

în care D_{ef} este gradul efectiv de izolare acustică al elementului de construcție, în dB;

D_{nec} — gradul necesar de izolare acustică al planșeului cu pardoseală, în dB, care în funcție de frecvență se consideră între 33 și 60 dB, pentru domeniul $f = 100 \dots 3200$ Hz, cu o valoare medie de 53 dB, conform diagramei din figura 6.36.

Stabilirea gradului efectiv de izolare acustică, D_{ef} , se poate obține pe cale analitică sau experimentală. Calculul analitic al gradului efectiv de izolare acustică la zgomotul aerian al ansamblului planșeu-pardoseală se poate efectua cu relația (6.92).

Pentru a se lua în considerare și efectul absorbției acustice, din camera de recepție, se poate utiliza expresia (6.91).

Pentru determinarea experimentală a gradului de reducere sonoră al planșeului, se poate folosi instalația electroacustică din figura 6.33. Indicele de reducere sonoră R , în dB, pentru ansamblul planșeu-pardoseală, se poate calcula cu expresia (6.100).

Asigurarea condiției de calitate privind izolarea la zgomotul aerian implică respectarea inegalității:

$$R \geq D_{nec} \quad (6.104)$$

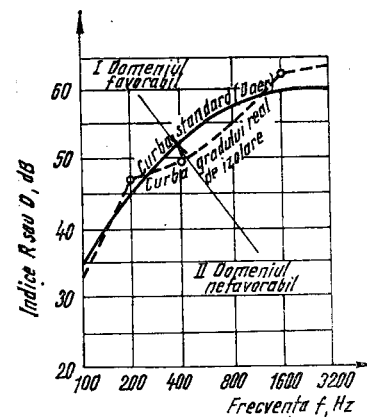


Fig. 6.36. Gradul de izolare acustică la zgomot aerian, la planșee.

Rezultatele experimentale ca și cele calculate analitic pot fi prezentate și grafic, fiind considerate favorabile atunci cînd valorile efective sînt situate deasupra valorilor necesare și deci deasupra curbei standard. Efectuarea determinărilor experimentale ale gradului de izolare acustică la planșeul fără pardoseală și ulterior la planșeul cu pardoseală permite evaluarea influenței pardoselii asupra gradului de izolare a acesteia la zgomotul aerian. Evaluarea gradului de izolare la zgomotul aerian, pe baza calculului indicelui E_A , se face după aceeași metodologie ca și la pereți.

6.7.3. IZOLAREA PLANȘEEELOR LA ZGOMOT DIN IMPACT

6.7.3.1. Planșee fără pardoseală. La zgomotul din impact, vibrația planșeului poate fi asimilată cu un model mecanic oscilant, alcătuit dintr-o masă, m , un resort, R , și o rezistență viscoasă, R_v (fig. 6.37). Ecuația generalizată de mișcare, în cazul vibrațiilor transversale ale planșeului, folosind operatorii, este:

$$B\Delta\Delta u + m \frac{\partial^2 u}{\partial t^2} = 0, \quad (6.105)$$

în care u este deplasarea planșeului;

m — masa planșeului;

B — rigiditatea la încovoiere a planșeului, care pentru grosimea h , are expresia:

$$B = \frac{Eh^3}{12(1 - \mu^2)}. \quad (6.106)$$

O analiză a mișcării planșeului sub acțiunea vibrațiilor transversale este dificilă datorită fenomenelor de dispersie a energiei sonore, astfel încît relațiile (6.105) și (6.106) prezintă interes teoretic, practic fiind necesare verificări experimentale. Astfel, comportarea planșeului la zgomotul din impact se poate aprecia cu relații aproximative, privind nivelul de atenuare acustică, sub forma:

$$L = 10 \lg \frac{1}{S \rho_0^{1.5} E^{0.5} \eta h^3}, \quad (6.107)$$

în care S este suprafața planșeului, în m^2 ;

ρ_0 — densitatea aparentă a materialului, în daN/m^3 ;

E — modulul de elasticitate, în daN/m^2 ;

η — coeficientul de pierderi interne;

h — grosimea planșeului, în m.

Cercetări experimentale privind capacitatea de izolare a planșeului la zgomot din impact arată că la dublarea grosimii planșeului se obține o reducere a nivelului de zgomot la impact cu circa 9 dB (0,8 dB la fiecare îngroșare a planșeului cu 1 cm), la creșterea densității materialului planșeului se obține un spor de izolare de pînă la 4,5 dB,

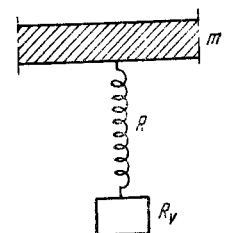


Fig. 6.37. Modelul mecanic oscilant al planșeului la zgomotul din impact:

m — masa planșeului; R — resort; R_v — rezistență viscoasă.

iar dublarea coeficientului de pierderi interne aduce un aport de izolare de circa 3 dB.

6.7.3.2. Planșee cu pardoseală. Aportul pardoselii la creșterea atenuării acustice a planșeului, sub acțiunea zgomotului de impact, depinde de rigiditatea sau elasticitatea materialului și de capacitatea sa de amortizare locală a oscilațiilor sonore din șoc.

În cazul pardoselii moi, îmbunătățirea izolării acustice se manifestă pentru valori de frecvențe, f , mai mari decât frecvența de rezonanță f_{rez} a materialului, având o creștere cu frecvența de 12 dB/octavă, în baza relației:

$$\Delta L = 10 \lg \left(\frac{f}{f_{rez}} \right)^4. \quad (6.108)$$

În acest sens, prezintă interes pardoselile din cauciuc moale și cele din materiale plastice nerigide. Rezultate bune privind izolarea acustică la zgomote de impact s-au obținut prin utilizarea pardoselilor pe dale flotante alcătuite dintr-un strat rigid, obișnuit o placă de beton slab armat, de 3...5 cm grosime, care reazemă pe planșeu prin intermediul unui strat elastic moale (fig. 6.38).

Considerând masa dalei și pardoselii, m_0 , în daN/m², f_{rez} ce intervine în relația (6.108) este:

$$f_{rez} = 500 \sqrt{\frac{s}{m_0}}, \quad (6.109)$$

în care s este coeficientul de rigiditate dinamică al dalei în daN/cm³, calculat cu expresia E_d/h , având valorile prezentate în tabelul 6.6.

Practic, normele germane iau în considerare două cazuri, în ceea ce privește valorile limită f_{rez} , în funcție de capacitatea de izolare a planșeului brut (fără pardoseală), la evaluarea aportului de izolare acustică a pardoselilor (fig. 6.39), și anume: $f_{rez} \leq 180$ Hz, pentru planșee din grupa I cu $h \geq 10$ cm (fig. 6.40) și $f_{rez} \leq 400$ Hz, pentru planșee din grupa a II-a cu $h \geq 14$ cm (fig. 6.41).

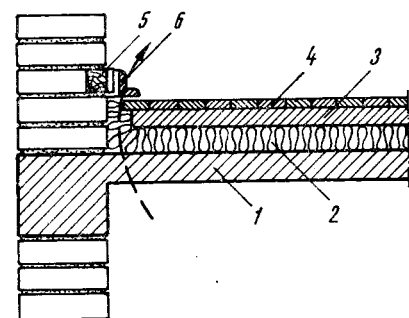


Fig. 6.38. Pardoseală pe dală flotantă:
1 - placă de beton armat; 2 - strat elastic, moale;
3 - dală de beton slab armat în grosime de 3...5 cm;
4 - parchet; 5 - diblu; 6 - pervaz.

Tabelul 6.6

Denumirea materialului	Grosimea stratului, mm	Rigiditatea dinamică S , daN/cm ³
Plăci din vată minerală tip F.I.	10	2,5
Plăci din polistiren ecruisat	10	2,5
Plăci din plută expandată SUPEREX	20	6,5
Plăci fibrolemnoase poroase	25	9

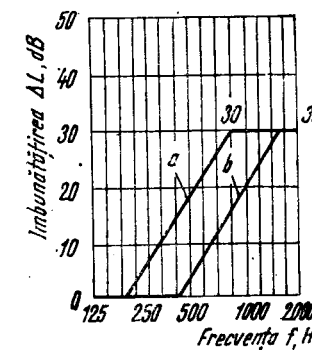


Fig. 6.39. Curbe teoretice de calcul ale îmbunătățirii izolării acustice:
a - pentru planșee din grupa I; b - pentru planșee din grupa a II-a.

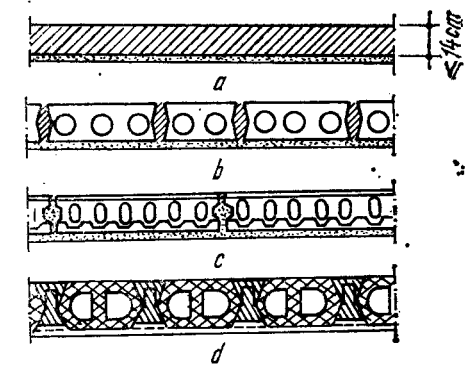


Fig. 6.40. Tipuri de planșee din grupa I pentru calculul aportului pardoselii la atenuarea zgomotului din impact:
a - placă de beton armat; b - planșeu din fișii cu goluri; c - planșeu din fișii STAS A; d - planșeu din grinzi de beton armat cu corpuri de umplură.

Pentru pardoseli flexibile, frecvența de rezonanță se calculează cu expresia:

$$f_{rez} = \frac{0,45}{\tau}, \quad (6.110)$$

în care τ este timpul de contact dintre ciocanul care cade liber și pardoseală.

Pentru pardoseli din linoleum, cauciuc, PVC cu substrat izolator, $\tau = 0,45 \times 10^{-3} \dots 2,8 \times 10^{-3}$ s.

Determinarea gradului de izolare acustică la zgomotul de impact se face și pe cale experimentală, folosindu-se excitarea sonoră a planșeului cu ciocanul standard internațional (fig. 6.42). Ciocanul standard este o mașină acționată

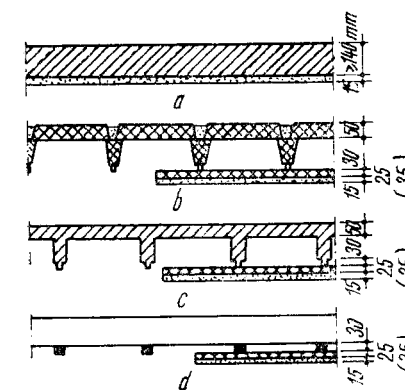


Fig. 6.41. Tipuri de planșee din grupa a II-a pentru calculul aportului pardoselii la atenuarea zgomotului din impact:
a - placă de beton armat; b - planșeu din elemente prefabricate de beton armat, realizat cu tavan suspendat; c - planșeu din beton armat cu nervuri dese, realizat cu tavan suspendat; d - planșeu din categoria I, realizat cu tavan suspendat.

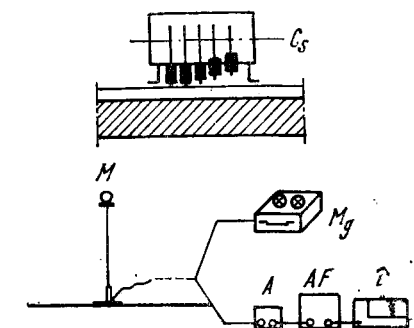


Fig. 6.42. Schema lanțului electroacustic pentru măsurarea atenuării planșeelor la zgomotul de impact:
CS - ciocan standard; M - microfon; Mg - magnetofon; A - amplificator; AF - sistem de filtru și comutator automat; i - înregistrator rapid de nivel.

manual sau electric, cu 5 ciocane de câte 500 g fiecare, ce cad de la $h=4$ cm, cu cadența loviturilor de 10 bătăi/s. În camera de sub planșeul încercat este instalat lanțul electroacustic de recepție, alcătuit din microfon, amplificator, filtru, fonometru, oscilograf catodic, care împreună alcătuiesc schema spectro-metrului acustic.

Încercarea planșeului se poate face pe structura brută, fără pardoseală sau după montarea pardoselii, determinându-se astfel eficiența de atenuare acustică a acesteia. Nivelul de intensitate auditivă a zgomotului în camera de emisie se notează cu L_1 .

Pentru ca zgomotele produse de circulație să nu afecteze confortul în încăperea inferioară este necesar ca nivelul global de intensitate auditivă a sunetului, L_2 , măsurat în camera de recepție, să satisfacă relația :

$$L_2 < 85 - \lg A, \quad (6.111)$$

în care A este aria de absorbție echivalentă în încăperea de recepție, în m^2 . În figura 6.43 se prezintă curbele standard ale nivelului admisibil al intensității sonore, L_n , la zgomotul de impact, în funcție de frecvență, variind de la 70 la 50 dB pentru valori ale frecvenței cuprinse între 100 și 3 200 Hz. Valorile L_p obținute sub curba standard caracterizează zona rezultatelor favorabile privind calitatea acustică la zgomotul de impact.

Pentru a se lua în considerare absorbția de referință A_0 , în camera de recepție, nivelul zgomotului de șoc standard, D_s , se poate evalua cu relația :

$$D_s = L_2 - 10 \lg \frac{A_0}{A}, \quad (6.112)$$

în care L_2 este nivelul zgomotului în camera de recepție, în dB; $A_0 = 10 m^2$ — valoarea absorbției de referință, în m^2 ; A — valoarea absorbției totale în camera de recepție, în m^2 .

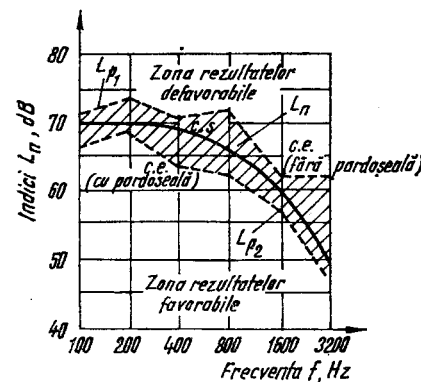


Fig. 6.43. Stabilirea grafică a indicelui de reducere sonoră la zgomotul de impact :
c.s. — curbă standard; c.e. — curbă efectivă.

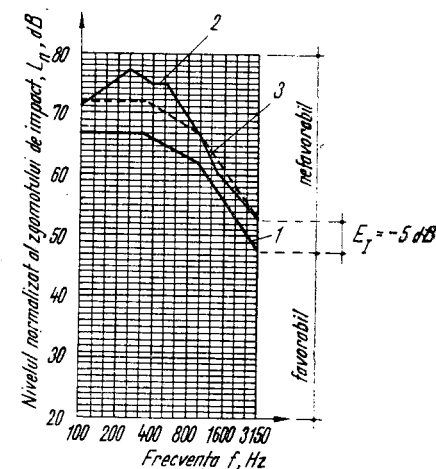


Fig. 6.44. Evaluarea indicelui de izolare E_I la zgomotul din impact :
1 — curbă de referință (etalon); 2 — curbă cu rezultatele măsurătorilor; 3 — curbă de referință deplasată.

Dacă se urmărește influența modificărilor structurii planșeu-pardoseală, se calculează aportul suplimentar de izolare ΔL_p , datorat pardoselii, cu relația :

$$\Delta L_p = L_{p1} - L_{p2}, \quad (6.113)$$

în care L_{p1} , L_{p2} reprezintă nivelurile zgomotului de șoc standardizat, înainte și după modificarea structurii, măsurate în aceeași încăpere, conform condițiilor expuse.

Valorile atenuării acustice ΔL_p , datorită pardoselilor, pot fi cuprinse între 2 și 8 dB, în funcție de structura pardoselii și de caracteristicile de amortizare dinamică a materialelor.

Evaluarea globală a capacității de izolare la zgomot din impact a unui planșeu se poate face în raport cu curba etalon a nivelurilor normalizate L_n , folosind indicele de izolare la zgomot din impact E_I (fig. 6.44). Evaluarea aportului pardoselii se poate face în raport cu curba planșeului standard, curba 2 sau a curbei planșeului încercat. Indicele de izolare, la zgomotul din impact E_I , se stabilește prin deplasarea paralelă a curbei de referință 1, față de curba valorilor măsurate ale nivelelor de zgomot L_n , curba 2, astfel încât valoarea totală a abaterilor negative ale ordonatelor curbei măsurate să nu depășească 30 dB. Valorile indicelui E_I pot fi negative (curba 3, $E_I = -5$ dB), când deplasarea are loc în zona rezultatelor nefavorabile sau pozitive, când deplasarea curbei de referință se face în zona favorabilă. În funcție de clasa planșeelor, valorile admisibile pentru E_I sînt cuprinse între -2 dB și $+17$ dB, în raport cu cerințele de confort.

Indicele de izolare la impact total se poate calcula cu expresia :

$$E_I = E_{IP} + \Delta E_I \quad (6.114)$$

în care E_{IP} este indicele de izolare la zgomot de impact corespunzător planșeului, iar ΔE_I — îmbunătățirea izolării la zgomot de impact corespunzătoare pardoselii.

Partea a treia
ALCĂTUIREA ȘI MECANICA ZIDĂRIILOR

Capitolul 7

ZIDĂRII. ALCĂTUIRE GENERALĂ ȘI PROPRIETĂȚI

7.1. ALCĂTUIREA ZIDĂRIILOR

**7.1.1. DEFINIȚII, CLASIFICARE.
ELEMENTE DE CONSTRUCȚIE DIN ZIDĂRIE**

Zidăria este elementul de construcție alcătuit din pietre naturale sau artificiale (cărămizi, blocuri), de diverse forme sau proveniențe, așezate după anumite reguli, nelegate sau legate între ele cu ajutorul mortarului sau cu legături metalice. Denumirea generală *blocuri de zidărie*, folosită în ultimul timp, cuprinde atât cărămizi, cât și blocuri de zidărie, de diverse forme și din diferite materiale. Zidăria a reprezentat în întreaga istorie a construcțiilor, din antichitate până acum un secol, materialul principal pentru fundații, pereți, planșee și acoperișuri. Ea poate fi considerată ca unul din cele mai vechi materiale compuse, cu rezistențe bune la compresiune, dar cu rezistențe mici la întindere, încovoiere și forfecare, astfel că în prezent se folosește mai ales pentru pereți.

Zidăriile se clasifică din punctul de vedere al comportării lor mecanice și al siguranței la acțiuni, după diverse criterii.

După natura materialelor din care sînt alcătuite, pot fi :

- zidării din piatră naturală ;
- zidării din produse artificiale, care au cea mai largă utilizare, sub formă de produse ceramice, blocuri mici sau mari din beton greu și mai ales din beton ușor, realizat cu agregate poroase sau beton celular.

Pietrele naturale pot avea forme regulate (piatră de talie, moloanele) sau neregulate (piatră brută) ; pietrele artificiale au forme regulate de paralelipiped dreptunghic cu fețe plane și muchii drepte, vii, care sînt zidite în rinduri regulate și legate cu mortar.

După modul de alcătuire, se deosebesc zidării simple, mixte, armate și complexe. *Zidăriile simple* folosesc un singur tip de pietre de zidărie (fig. 7.1, a). *Zidăriile mixte* sînt alcătuite de obicei din două, rareori din mai multe tipuri de pietre de zidărie, de exemplu, zidărie din blocuri mici sau din piatră naturală cu un strat de fațadă din zidărie de cărămidă (fig. 7.1, b, c) sau din zidărie cu beton turnat monolit (fig. 7.1, d). *Zidăriile armate* se obțin prin înglobarea în masa zidăriei a unei armături (plase, bare de oțel-beton, platbande), uniform repartizată și introdusă în mortarul din rosturile orizontale (armare transversală) sau în rosturile verticale ale zidăriei (armare longitudinală — fig. 7.1, e), puțin folosită la noi. *Zidăriile complexe* folosesc armătură din oțel-beton repar-

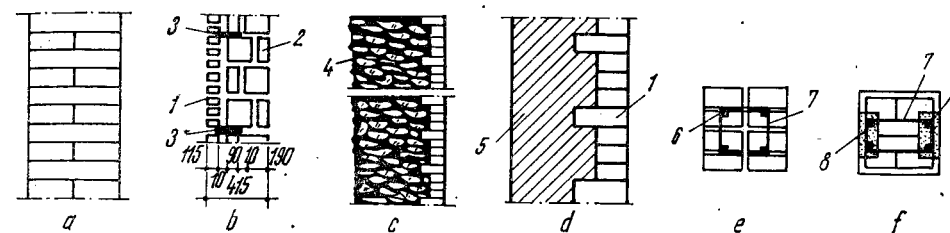


Fig. 7.1. Tipuri de zidării :

a — zidărie simplă; b — zidărie mixtă din cărămidă și blocuri; c — zidărie mixtă din piatră brută căptușită cu cărămidă; d — zidărie mixtă cu beton turnat monolit; e — zidărie armată cu armătură verticală; f — zidărie complexă; 1 — zidărie de fațadă; 2 — zidărie din blocuri mici; 3 — ancore metalice; 4 — zidărie din piatră brută; 5 — beton turnat monolit; 6 — armătură verticală; 7 — etrier; 8 — simbură de beton armat.

tizată concentrat în masa zidăriei sub formă de elemente de beton armat, cum sînt stîlpzii (fig. 7.1, f) sau pereții din zidărie întăriți cu stîlpișori (simburi) de beton armat turnat monolit (fig. 7.2). Armătura folosită în zidăriile armate și complexe conlucrează cu zidăria la acțiunea încărcărilor și preia eforturile de întindere rezultate.

După natura solicitărilor, pot fi :

— elemente sollicitate la compresiune excentrică, care sînt supuse unei acțiuni a încărcărilor gravitaționale (cazul pereților portanți, autoportanți și neportanți) și uneori acțiunii încărcărilor orizontale (cazul pereților de contravîntuire) ;

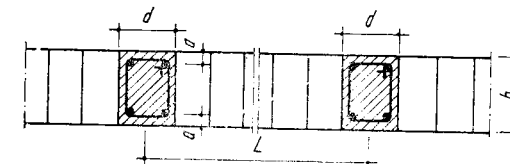
— elemente cu geometrie optimă pentru acoperirea deschiderilor, ținînd seama de comportarea mecanică bună la compresiune a zidărilor (arce, bolți, cupole, urmărind curba de coincidență ; arce butant și contraforturi, pentru preluarea împingerilor sau pentru asigurarea stabilității structurii) sau supuse unor acțiuni mecanice speciale (de exemplu, ziduri de subsol solificate de împingerea pămîntului) ;

— elemente supuse altor tipuri de solicitări, rezultate din acțiuni fizice (solicitare termică) sau chimice (agresivități) ale mediului înconjurător.

Elementele verticale de zidărie au roluri diferite în construcții.

Pereții sînt elemente verticale de rezistență la care raportul dintre lungime și grosime este mai mare de 3 (fig. 7.3, a). *Pereții portanți* (de rezistență) susțin și transmit greutatea lor proprie și încărcările primite de la alte elemente de construcție (fig. 7.4, a). *Pereții autoportanți* susțin și transmit numai greutatea proprie a zidăriei pe întreaga înălțime a construcției (etajul respectiv plus etajele de deasupra, fig. 7.4, b), sau cel puțin a cîtorva niveluri, pe care o transmit tercnului de fundație. *Pereții neportanți* nu susțin decît greutatea lor proprie pe înălțimea etajului respectiv pe care o transmit planșeului și apoi elementelor verticale de rezistență ; ei se execută între elementele de rezistență (fig. 7.4, c). *Pereții despărțitori* sînt, în general, zidării subțiri destinate a

Fig. 7.2. Secțiune printr-un perete de zidărie întărită cu stîlpișori de beton armat (zidărie complexă).



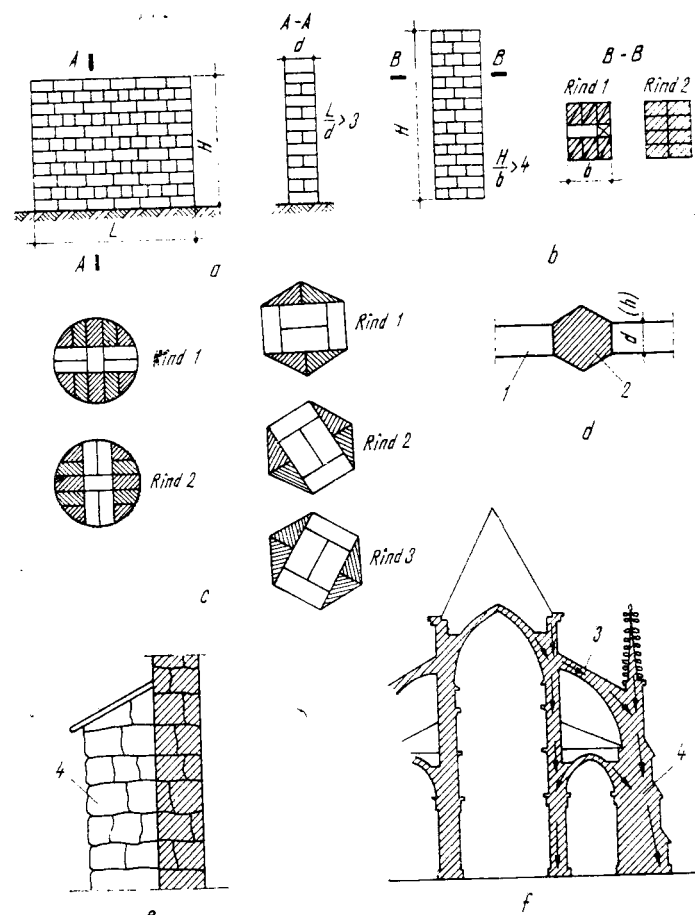


Fig. 7.3. Elemente de rezistență din zidărie:
a - perete; b - stîlp; c - coloane; d - pilastru; e - contrafort; f - arc butant;
1 - zid; 2 - pilastru; 3 - arc butant; 4 - contrafort.

separa între ele încăperile din interiorul clădirilor, neportante sau parțial autoportante și care nu suportă decît greutatea lor proprie pe unul, două sau cel mult trei niveluri.

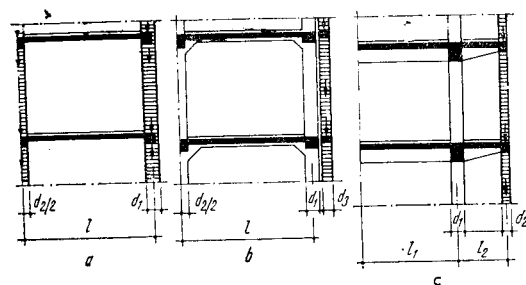


Fig. 7.4. Pereți din zidărie:
a - portanți; b - autoportanți; c - neporanți (purtați).

Se pot deosebi următoarele elemente verticale principale de zidărie, după poziția lor în construcție: *ziduri portante de fundație*, parțial sau total angajate în teren și care transmit terenului încărcările clădirii; *pereți de elevație*, de rezistență sau de umplură, cu cel puțin o față degajată din teren care pot fi *pereți de subsol* și de *pivnițe*, *pereți de fațadă* sau *pereți exteriori* care limitează clădirea spre exterior și *pereți de calcan* spre care nu se scurge apa de ploaie,

la care nici o ieșitură nu depășește fațada lor exterioară și sînt așezați de obicei pe linia terenurilor; *timpene*, adică pereți exteriori limitați de apele acoperișului și de planul ultimului planșeu sau a reazemelor acoperișului; *aticurile*, ziduri așezate peste nivelul cornișei (la terase); *pereți interiori*, longitudinali sau transversali, care separă între ele diferite încăperi ale clădirilor. Pereții interiori pot fi de rezistență, de umplură sau despărțitori.

Stîlpii de zidărie portanți sînt elemente verticale de rezistență, de obicei zvelte, la care raportul dintre dimensiunile maxime și minime ale secțiunilor orizontale este de cel mult 2, iar înălțimea este de cel puțin 4 ori mai mare decît dimensiunea minimă a secțiunii transversale, orizontale (v. fig. 7.3, b). Ei preiau încărcările verticale primite de la elementele de construcție pe care le suportă. *Coloanele* sînt stîlpi cu secțiune transversală în formă de cerc sau de figură poligonală regulată înscrisă într-un cerc (v. fig. 7.3, c). *Pilaștrii sau coloanele angajate* (v. fig. 7.3, d) sînt stîlpi sau coloane parțial încorporate în zidărie, la care rămîne cel puțin o față văzută. *Contraforturile* (v. fig. 7.3, e) sînt elemente verticale masive din zidărie, care îngroașă din loc în loc un zid lung și înalt, cu care fac corp comun, pentru a-l face să reziste la împingeri orizontale importante transmise de acoperiș, planșee, materiale depozitate etc. Contraforturile sînt folosite și la alte structuri de rezistență din zidărie pentru preluarea împingerilor orizontale (de exemplu, o cupolă de zidărie rezemată pe stîlpi de zidărie).

Zidăria a fost mult folosită înainte și la realizarea altor elemente de rezistență: orizontale, situate la diferite niveluri; de legătură pe verticală (scări, planuri înclinate) sau pentru repartizarea și transmiterea încărcărilor în zidărie (cuzineți, plăci de centrare etc.) și pentru legarea zidărilor peste goluri (buiandrugii dreپți sau în arc etc.).

Ca elemente orizontale de rezistență se pot menționa: radiere pentru fundații, planșee ceramice între etaje și structuri de rezistență ale acoperișului peste încăperi și săli cu diferite deschideri, sub formă de elemente curbe, liniare sau de suprafață, cum

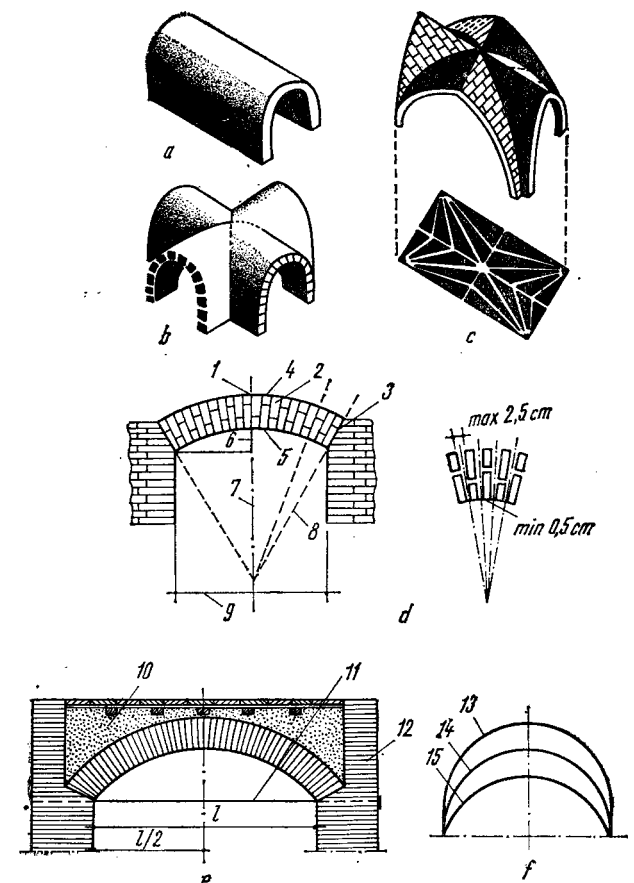


Fig. 7.5. Bolți și arce din zidărie:
a - circulară; b - în cruce; c - cu nervuri; d - buiandrug sub formă de arc; e - boltă cu simplă curbă pentru planșeu; f - forme geometrice de bolti; 1 - cheia boltii; 2 - boltari (pietre de zidărie); 3 - nașterea boltii; 4 - extrados; 5 - intrados; 6 - săgeata boltii; 7 - axa boltii; 8 - rosturi radiale; 9 - lumina boltii; 10 - umplură; 11 - tirant; 12 - perete; 13 - boltă supraînălțată; 14 - boltă în plin cintru; 15 - boltă pleostită.

sînt arcele, bolțile și cupolele din zidărie (fig. 7.5) *Arcul butant* reprezintă un element esențial al structurilor de zidărie la catedralele gotice, care transmit la teren, prin intermediul coloanelor exterioare, uneori întărite cu contraforturi, impingerile orizontale, rezultate din acțiunea tuturor încărcărilor (permanente, vînt, zăpadă etc.), care provin de la bolțile de ogivă ce acoperă deschiderea principală (nava) sau de la acoperișurile din lemn, executate, în general, peste bolta respectivă (v. fig. 7.3, f).

Zidăriile sînt folosite și în unele elemente de construcții pentru instalații: canale tehnice, termice, de alimentare cu apă și canalizare; coșuri de fum, sobe și șemineuri; canale de ventilație și altele.

7.1.2. MATERIALE PENTRU ZIDĂRII

7.1.2.1. Pietre de zidărie. Se fabrică într-o mare varietate de forme și mărimi, dimensiunile maxime fiind limitate, de obicei din considerente tehnologice (evitarea unor contracții excesive) sau de execuție (manipulare ușoară). Se utilizează și produse de dimensiuni mari (fișii, blocuri sau panouri mari), ceramice sau din beton, care pot atinge înălțimea unui etaj, cu sau fără goluri, care elimină rosturile de așezare și reduc cheltuielile de manoperă. Blocurile din beton celular au abateri mici dimensionale și se pot monta cu ajutorul mortarelor de mare rezistență și a adezivilor cu sau fără mortar. Pietrele de zidărie ceramice sau din beton ușor se fabrică într-o mare varietate de forme, cu goluri și găuri verticale sau orizontale; sînt pietre ușoare, clasele C_1 și C_2 , în general cu indici tehnico-economici de fabricație avantajoși. Blocurile de beton greu se folosesc pentru fundații, stîlpi, pereți de subsol etc., în condiții de umiditate și solicitare puternică. Pietrele de zidărie se pot livra cu sortimentul complet (întregi, $1/2$ din lungime sau lățime, $3/4$ etc.), ceea ce ușurează executarea zidăriei, eliminînd spargerea (tăierea) lor pe șantier.

Pietrele de zidărie trebuie să îndeplinească condițiile de marcă, gelivitate, absorbție de apă etc., prevăzute în prescripțiile tehnice. Ca proprietăți principale ale pietrelor de zidărie se menționează: rezistența la compresiune și întindere (directă, indirectă, din încovoiere) sub stare monoaxială sau triaxială de tensiune; modulul de elasticitate E , coeficientul lui Poisson μ și ductilitatea; starea suprafeței și în special rugozitatea; durabilitatea (gelivitatea, coeficientul de înmuiere, rezistența la foc și la agenții chimici agresivi); absorbția de apă; densitatea aparentă, sistemul de goluri și găuri pătrunse; dimensiunile, greutatea și ușurința de manipulare; sortimentul, structura și conductivitatea termică etc.

Pietrele de zidărie se clasifică după densitatea aparentă medie în clasele: C_1 , C_2 și C_3 cu densitatea aparentă 1000...1300 kg/m³, 1300...1500 kg/m³ și respectiv 1500...1800 kg/m³, în ultimele decenii fabricîndu-se și produse foarte ușoare (blocuri cu goluri, ceramice, blocuri din beton ușor, celular sau cu agregate poroase cu 350 kg/m³ < γ_a < 1000 kg/m³ sau chiar cu γ_a < 350 kg/m³, în cazul blocurilor din materiale plastice).

Rezistența la compresiune sau mărcile pietrelor de zidărie variază în limite largi, în funcție de densitatea aparentă. Astfel, rezistența la compresiune raportată la suprafața brută a pietrei poate fi de: 200...1 400 daN/cm², pentru cărămizi; 30...200 daN/cm², pentru blocuri mici de beton cu goluri;

10...140 daN/cm², pentru blocuri mici din beton celular, cu $\gamma_a = 400...700$ kg/m³.

De aceea, cărămizile și blocurile de beton, într-o oarecare măsură, se folosesc pentru pereții portanți ai structurilor cu puține și multe niveluri. Pentru pereții portanți ai clădirilor înalte se folosesc, mai ales, cărămizile de marcă superioară și cu abateri dimensionale mici. Blocurile din beton celular se folosesc pentru pereții neportanți sau portanți la clădiri joase (1; 2 sau cel mult 3 niveluri). Mărcile curent utilizate pentru pietrele de zidărie sînt 50, 75, 100, 125 și 150 daN/cm². Mărci mai mari de 150 daN/cm² se folosesc pentru ziduri subțiri (15...38 cm) la structuri înalte (înălțimea limită economică 15...20 etaje) sau pentru utilizări speciale. Rezistența la compresiune din încovoiere variază între 10 și 30 % din rezistența la compresiune a cărămizilor și între 20 și 35 % pentru blocurile din beton celular. Rezistența la întindere reprezintă, după unele cercetări, circa $1/20...1/30$ din marca cărămizilor pline, respectiv cu găuri.

În tabelul 7.1 sînt arătate caracteristicile pietrelor de zidărie folosite în țara noastră, standardizate sau fabricate pe bază de norme interne. La lucrări de importanță redusă se pot folosi și pietre de zidărie recuperate, dacă corespund cerințelor impuse elementelor respective ale construcției.

Rezistențele normale ale pietrelor de zidărie se consideră egale cu mărcile respective prevăzute în standarde sau alte prescripții tehnice sau pe baza buletinelor de încercări pentru materialele care nu au mărci prevăzute în prescripțiile tehnice.

Curbele caracteristice $\sigma - \varepsilon$ pentru produsele ceramice sînt apropiate de cele ale materialelor elastice, iar pentru produsele din beton și silico-calcare asemănătoare cu ale betonului, aceleași la compresiune și întindere. Coeficientul lui Poisson crește odată cu mărirea eforturilor unitare, de la 0,1 la 0,35 pentru cărămizi.

Valorile orientative pentru modulul de elasticitate, E , se pot aprecia aproximativ cu relații de formă asemănătoare ca pentru mortar-beton:

- pentru cărămizi. $E_c = 300 R_c$ daN/cm²;
- pentru blocuri mici de beton $E_{blb} = (500...1\ 500) R_b$ daN/cm²;
- pentru beton celular $E_{bc} = 10\ 000; 15\ 000$ și $25\ 000$ daN/cm², pentru $\gamma_a = 400; 500$ și respectiv 650 kg/m³;
- pentru pietre naturale $E_{pn} = (4...9) \times 10^5$ daN/cm², în care: R_c și R_b sînt mărcile (rezistențele de rupere) cărămizilor sau blocurilor.

Absorbția de apă a pietrelor de zidărie influențează proprietățile acestora. Spre deosebire de caracteristicile de rezistență și de deformare, care cresc odată cu densitatea aparentă, absorbția de apă variază invers proporțional. Aburirea și autoclavizarea reduc mult contracția blocurilor de beton la uscare, care poate provoca uneori fisurarea accentuată a zidăriilor.

Pietrele de zidărie se aleg în funcție de destinația și de gradul de durabilitate a construcției, de climatul și așezarea geografică, de poziția și rolul elementului de zidărie în construcție, care determină prin funcționalitatea sa proprietățile cerute pentru zidărie.

7.1.2.2. Mortare de zidărie. Mortarul din rosturile zidăriei are rolul:

- de a lega între ele pietrele de zidărie cu ajutorul forțelor de adeziune și de frecare dintre pietre și mortar, realizîndu-se zidăria ca un material nou, compus, monolit;

Tabelul 7.1

Nr. crt.	Denumirea pietrelor	Clasa	Densitatea aparentă medie în stare uscată, kg/m ³	Marca, daN/cm ²	Rezistența medie la compresie a 5 epruvete, daN/cm ²	Rezistența minimă la compresie a unei singure epruvete, daN/cm ²	Obs
1.	Cărămizi pline presate pe cale umedă	C ₃	1500...1800	50 75 100 125 150	50 75 100 125 150	25 50 75 100 125	Notare : plină P ; cu găuri la uscare ($\leq 15\%$) — P _u
2.	Cărămizi cu găuri verticale executate prin presare pe cale umedă	C ₁ C ₂	1000...1300 1300...1500	50 75 100 125 150 200	50...75 75...100 100...125 125...150 150...200 200...250	35 50 75 100 125 150	Notare : G _o
3.	Cărămizi cu găuri orizontale executate prin presare pe cale umedă	C ₁	maximum 1300	60 (cal. A și D) 40 (cal. II)	60 40	50 35	Rezistența pe fața de așezare
4.	Blocuri mici din beton cu agregate ușoare (pline sau cu goluri)	C ₁ C ₂ C ₃	100...1300 1300...1500 1500...1800	35 50 75 100	35 50 75 100	28 40 60 80	
5.	Blocuri mici și plăci din beton celular autoclavizat		600 700	35 50	—	—	Produse la fabricile : Dolcești, Militari, Craiova
6.	Blocuri mici ușoare Al-sica (cenusă și zgură de termocentrală și var pastă), autoclavizate	C ₁	1150 (max. 5 % umiditate)	75	75	50	Se fabrică de IIMC—Cluj la Aghireș
7.	Cărămizi găurite cu lam-bă și uluc	C ₂	1000...1300 1300...1500	—	—	—	Pentru pereți despărțitori

— de a transmite și repartiza cât mai uniform eforturile în zidărie de la o piatră la alta, asigurând astfel o distribuție mult mai uniformă a tensiunilor pe suprafața pietrelor decât se poate realiza prin simplul lor contact ;

— de a micșora permeabilitatea la agenți atmosferici (ploaie, vânt etc.) prin umplerea cât mai completă a rosturilor dintre pietre, ceea ce mărește etanșeitatea zidăriei.

Pentru zidăriile obișnuite se folosesc *mortare simple* (de var, ciment sau ipsos), cât mai ales *mortare mixte*, amestecate (de var-ciment sau ciment-var), în proporții rezultate după scopul urmărit : mărirea rezistenței sau a lucrabilității mortarului.

Pentru pereții portanți puternic solicitați, cum sînt pereții clădirilor înalte, se pot utiliza *mortare de înaltă rezistență*, cu adeziune sporită, care îmbunătățesc rezistența zidăriei la întindere. Mortarele superioare pot fi mortare de ciment sau de var modificate cu polimeri, ca de exemplu : mortare de ciment cu adaos de latex sau mortare simple numai din polimeri (rășini epoxidice, cu sau fără latex sau adaos de ciment). Din cauza costului lor ridicat, zidăria se execută cu rosturi de grosimi reduse la câțiva milimetri, reducerea grosimii rostului conduce la sporirea rezistenței zidăriei. Aceasta este posibil numai dacă pietrele de zidărie au dimensiuni foarte exacte, cu abateri dimensionale neînsemnate ; în acest caz se poate executa și zidărie uscată fără mortar, cu legături metalice, ca în cazul zidăriei din blocuri de beton celular.

Folosirea mortarelor cu agregate ușoare avînd $\gamma_a \leq 15\,000$ N/m³ îmbunătățește proprietățile termice ale zidăriei, dar reduce rezistența sa (cu circa 15 %), pentru aceleași mărci de mortar.

Mortarele de zidărie trebuie să îndeplinească condițiile tehnice prevăzute în STAS 1 030-70 „*Mortare obișnuite pentru zidării și tencuieli, clasificare și condiții tehnice*”.

Mortarele sînt caracterizate prin :

— *proprietățile mortarului proaspăt* : consistența și densitatea aparentă, în stare proaspătă, tendința de segregare și capacitatea de reținere a apei, în vederea lucrabilității ; aceste caracteristici determină proprietățile mortarului întărit și productivitatea zidarului ;

— *proprietățile mortarului întărit* : rezistența la compresiune, rezistența la întindere din încovoiere și densitatea aparentă la mortare în stare uscată, rezistența la îngheț-dezghet și adeziunea.

Se recomandă următoarele limite pentru consistența mortarelor la zidării din :

- cărămizi sau blocuri pline 8...13 cm ;
- cărămizi sau blocuri cu găuri verticale 7... 8 cm ;
- blocuri de piatră sau beton, compacte 4... 7 cm ;
- blocuri mici și plăci din beton celular 11...12 cm.

Condițiile atmosferice, ca temperatura și umiditatea relativă a aerului pot influența mult lucrabilitatea și consistența. Consistențele maxime se folosesc mai ales pe vreme caldă și cu vânturi puternice, pentru a compensa evaporarea apei, cînd durata de menținere a lucrabilității lor poate fi serios redusă. Coeficientul de segregare trebuie să fie mai mic de 50 cm³.

Capacitatea de reținere a apei este măsura aptitudinii mortarului de a reține apa și de a împiedica trecerea apei în pietrele de zidărie cu suțiu mare. Aceasta este influențată, în mare măsură de granulozitatea agregatului și de conținutul de apă și de var. O granulozitate mai fină, un conținut sporit de var

Tabelul 7.2

Marca mortarului	Valoarea minimă a rezistenței la smulgere la 28 zile, daN/cm ²		
	Natura suportului		
	Ceramic	Beton greu sau piatră	Beton ușor
10	2,0	—	—
25	3,0	—	0,8
50	4,0	1,5	1,2
100	4,5	1,5	—

zidărie depinde de porozitatea pietrei, marca și modul de întărire a mortarului, care sînt influențate de natura liantului și agregatului. Se recomandă ca mortarele de var, cu întărire de natură fizico-chimică în aer, să se folosească în zidării cu pietre avînd o absorbție minimă de apă, în greutate de 8...10%, cînd trecerea apei din mortar în pietre permite ridicarea zidăriei în ritm rapid, fără debordarea mortarului din rosturile orizontale sub acțiunea greutății cărămizilor. Zidăria cu pietre puțin poroase, aproape compacte, cu absorbție de apă în greutate < 10%, se execută cu mortar de ciment, cu întărire hidraulică, deoarece din cauza porozității mici a pietrelor nu are loc „setea cimentului” din mortar, care se produce cînd cimentul este lipsit de apă chimică de hidratare, prin absorbția sa rapidă de către pietrele de zidărie. Efectele nefavorabile ale supturii mari a produselor ceramice obișnuite, cu absorbție de apă de 8...18%, se pot reduce prin udarea lor prealabilă. Nu se recomandă udarea blocurilor de beton înainte de punerea lor în operă, deoarece aceasta poate spori contracția zidăriei.

După rezistența la compresiune, mortarele se clasifică în: mortare cu mărci joase, M_4 ; mijlocii M_{10} ; M_{25} și superioare M_{50} ; M_{100} ; M_{150} și M_{200} , ultimele două mărci cu utilizări speciale la zidăria vibrată, zidăria de înaltă rezistență etc. Rezistențele la compresiune a mortarelor variază în limite largi: 1...10 daN/m², pentru mortare de var; 15...300 daN/cm², pentru mortare de ciment cu var, și poate atinge 500 daN/cm², pentru mortare de ciment cu adaos de latex. Mărcile mortarelor reprezintă totodată rezistențele lor normate. În tabelul 7.3 sînt dați coeficienții de reducere a rezistențelor la compresiune a mortarului, în funcție de vîrsta acestuia.

Modulul de elasticitate a mortarului E_m se poate evalua aproximativ cu relația: $E_m = 1000 R_m$, unde R_m este rezistența de rupere a mortarului la compresiune. Coeficientul lui Poisson este pentru cele mai multe mortare de var și de ciment de ordinul 0,2 și crește repede odată cu apropierea de rezistența uniaxială a mortarului.

În general, caracteristicile de deformare (modulul de elasticitate, curgerea lentă, contracția) ale mortarelor de ciment sînt asemănătoare cu cele ale betoanelor. Mortarele de var au contracții mai mari, curbe caracteristice $\sigma - \varepsilon$ aproape liniare și sînt mai deformabile. Diferitele proprietăți ale mortarelor (de rezistență, de deformare, termice etc.) se pot aprecia cu ajutorul unor re-

Tabelul 7.3

Marca mortarului	Vîrsta mortarului, zile					
	3	7	14	28	60	90
10; 25	0,20	0,35	0,60	1,00	1,50	1,70
50; 100	0,25	0,45	0,70	0,10	1,50	1,40

și reducerea conținutului de apă sporesc capacitatea de reținere a apei, care este redusă la mortarele de ciment, mijlocie la mortarele amestecate și cea mai mare la mortarele de var.

Valoarea medie a adeziunii la suport a mortarelor de zidărie și tencuială, exprimată prin rezistența de smulgere, trebuie să fie cel puțin egală cu valorile date în tabelul 7.2. După cum se observă, adeziunea mortarelor cu pietrele de

lații, considerînd mortarul ca un material compus, din agregat și piatră de ciment, ca în cazul betonului.

Mortarele de zidărie se aleg (ca marcă și compoziție) ținînd seama de condițiile tehnice: capitale, mecanice, fizice etc., pe care trebuie să le îndeplinească elementul de zidărie, în funcție de poziția și rolul său în construcție, cît și de natura și porozitatea pietrelor de zidărie, de grosimea și de vîrsta la încărcare a zidăriei, precum și de alte condiții specifice construcției și amplasamentului.

Cele mai folosite mortare sînt mortarele mixte (amestecate) pe bază de var cu adaos de ciment sau de ciment cu plastifianți. Prescripțiile tehnice cuprind indicații pentru compoziție (dozaje uzuale și minime), pentru mărcile minime necesare la diferite grade de durabilitate, ca și pentru caracteristicile de rezistență și de deformare la diferite vîrste ale mortarelor, la temperatură normală și pentru temperaturi mai mici de +15°C. Nu se consideră creșterea rezistenței mortarelor în timp, după 28, 90 și 7 zile în cazul mortarelor de ciment, de var, respectiv de ipsos.

7.1.3. TIPURI DE ZIDĂRIE

7.1.3.1. Indicații generale pentru țeserea zidăriei pline. Comportarea zidăriei portante sub încărcări ca un tot monolit se datorează legării pietrelor de zidărie între ele prin țesere și cu ajutorul mortarului. Se deosebesc rînduri de pietre puse în lung — *lunguri* — sau puse de-a curmezișul pe lat, transversal — *curmezișuri* (fig. 7.6).

La realizarea zidăriei pereților portanți trebuie respectate următoarele reguli de țesere:

— rosturile orizontale trebuie să fie plane și orizontale pentru ca încărcările gravitaționale (verticale) să acționeze la compresiune, perpendicular pe rosturile de zidărie. Încărcările verticale sînt dirijate, de obicei, după normală sau fac cu normala la secțiunea orizontală de zidărie un unghi mai mic de 15°. Rosturile orizontale au grosimi de 12 mm, iar cele verticale, transversale și longitudinale, grosimi de 10 mm. Legătura zidăriei se realizează prin alternarea succesivă a rîndurilor de pietre puse în lung și de-a curmezișul sau a rîndurilor mixte din pietre așezate în aceeași secțiune orizontală în lungul și de-a curmezișul, însă diferit de la un rînd la altul;

— rosturile verticale transversale trebuie să fie perpendiculare pe fețele văzute ale pereților, pentru a se evita pericolul de dislocare a pietrelor de zidărie, sub efectul de pană produs de deformările transversale mari ale pereților supuși la flambaj (fig. 7.7);

— rosturile verticale transversale trebuie să fie țesute la un rînd sau la mai multe rînduri; unui rost dintr-un rînd trebuie să-i corespundă un plin în rîndul următor; în acest fel se evită formarea de stîlpișori izolați, ca în cazul zidăriei fără legături, care lucrează independent, împiedică repartizarea uniformă a eforturilor în zidărie și este supusă distrugerii prin flambaj la solicitări mici, stîlpișorii formați, înalți și subțiri, fiind puternic solicitați.

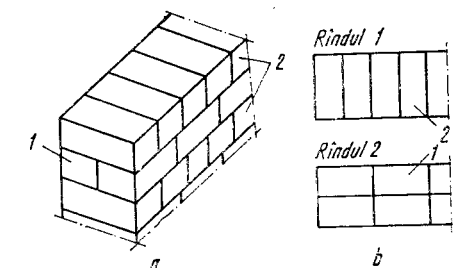


Fig. 7.6. Așezarea blocurilor de zidărie în operă:

a — vedere; b — plan; 1 — lunguri; 2 — curmezișuri.

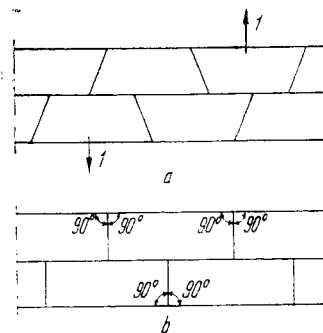


Fig. 7.7. Dispunerea rosturilor verticale, transversale față de fețele văzute ale pereților:
a - greșit, pietrele se dislocă din zidărie;
b - corect; 1 - direcția de dislocare a pietrelor de zidărie.

De aceea, pentru o legătură normală a zidăriei din pietre regulate, se recomandă ca zidăria de cărămidă să aibă un rând de cărămizi de-a curmezișul, pe lat, cel mult după 5 sau 6 rânduri de cărămizi puse în lung; zidăria din pietre naturale de formă regulată să aibă un rând de-a curmezișul, pe lat, cel mult după 3 rânduri lunguri, iar rosturile verticale, transversale să fie decalate de la un rând la altul cu $1/4 \dots 1/2$ din lungimea pietrei, în cazul legăturilor la un rând (fig. 7.8).

Legătura transversală între rândurile izolate verticale de cărămizi dintr-un perete se poate realiza și cu legături metalice, proteja anticorosiv, din oțel (scoabe din oțel lat sau oțel-beton).

7.1.3.2. Zidării pline. Zidăria plină din cărămizi și blocuri ceramice cu găuri verticale se execută cu legătura la un rând sau la mai multe rânduri, ultima fiind introdusă de constructorii sovietici pentru pereți mai groși de 2 cărămizi. Țeserea zidăriei la colțurile, ramificațiile și intersecțiile zidurilor cu legătura la un rând se face ca în figura 7.9. Țeserea se realizează cu cărămizi de completare: trei sferturi, jumătăți etc., obținute prin despicarea cărămizilor întregi sau cu produse speciale, mai ales la blocurile cu goluri și cu față văzută. Zidăria din blocuri ceramice cu goluri orizontale se execută, de obicei, cu rânduri de blocuri puse în lung.

Țeserea zidăriei pline din blocuri mici de beton seamănă, în general, cu cea a pietrelor naturale de formă regulată, realizându-se:

— cu legătură prin țesere cu blocuri înguste (jumătăți de blocuri) puse în lung, cu decalarea rostului vertical cu un sfert din lungimea blocului (fig. 7.10, a);

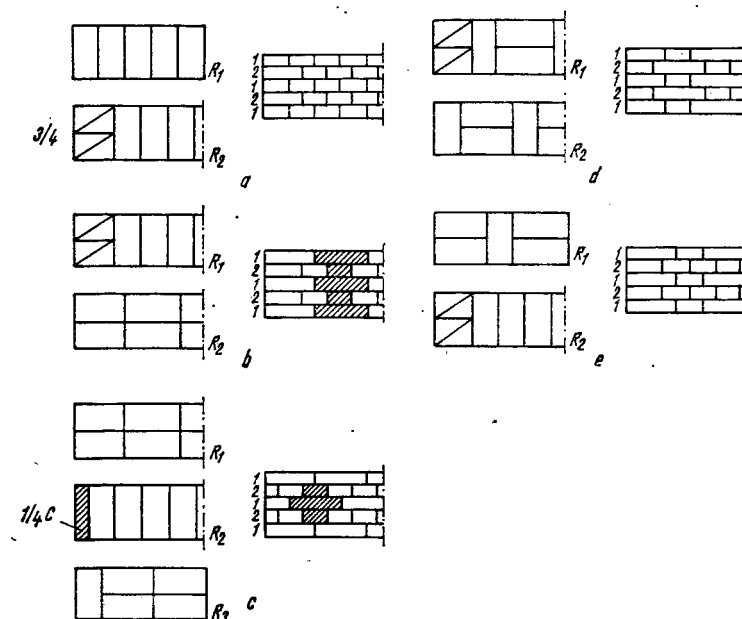


Fig. 7.8. Țeserea pietrelor de zidărie pentru un perete de o cărămidă grosime, cu legătura la un rând:
a - obișnuită; b - bloc; c - cruce; d - olandeză; e - gotică sau poloneză.

— cu legătura la trei rânduri printr-un rând de blocuri puse de-a curmezișul (fig. 7.10, b);

— cu legături metalice (scoabe din oțel lat sau oțel-beton), montate în rosturile orizontale și care solidarizează cei doi pereți separați din blocuri puse în lung (fig. 7.10, c).

Când legăturile metalice sînt montate în mortare cu dozaj de ciment mai mic de 150 kg/m^3 , ele trebuie protejate anticorosiv prin acoperire cu un strat subțire de bitum sau cu lapte de ciment cu adaos de polimeri sau caseină etc.

Țeserea pietrelor de zidărie (cărămizi, blocuri mici sau mari) cu înălțimi diferite (63, 88, 138, 188 mm) se asigură prin realizarea de rosturi sau asize orizontale continue la 30 sau 60 cm (fig. 7.11).

Blocurile mici din beton autoclavizat au dimensiuni exacte din fabricație, cu abateri dimensionale mici, astfel încît zidăria se execută cu rosturi orizontale de grosime mică ($\geq 3 \text{ mm}$) sau chiar prin țesere uscată, așa cum egiptenii, grecii, incașii și alte popoare au realizat zidării uscate remarcabile din blocuri mari de piatră cioplită.

7.1.3.3. Zidării armate. Zidăria nearmată se poate considera ca un material neductil și extrem de casant, cu rezistență moderată la compresiune și rezistențe foarte reduse la întindere și forfecare. Zidăria se armează în vederea sporirii

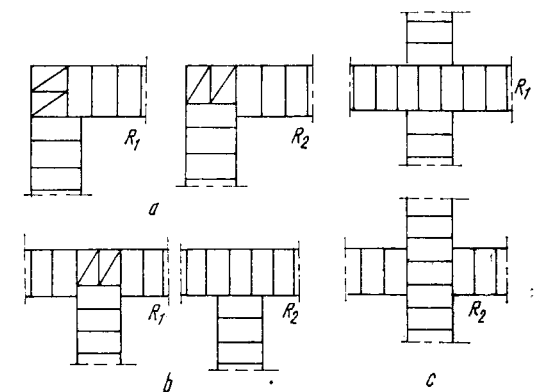


Fig. 7.9. Colțuri, intersecții și ramificații la un perete de o cărămidă grosime cu legătura la un rând:
a - colț; b - ramificație; c - intersecție; R_1 - primul rând;
 R_2 - al doilea rând.

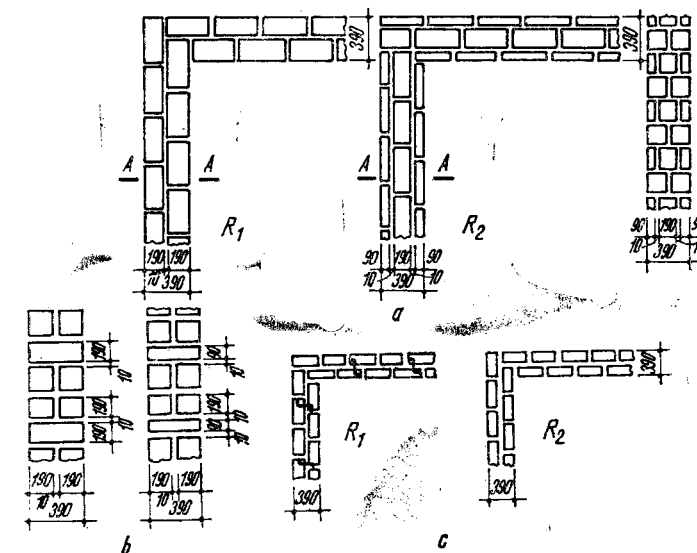


Fig. 7.10. Sisteme de țesere pentru zidăriile din blocuri mici de beton, cu grosimea de 390 mm, cu legături realizate:
a - prin blocuri înguste; b - prin curmezișuri amplasate la trei rânduri; c - cu scoabe metalice.

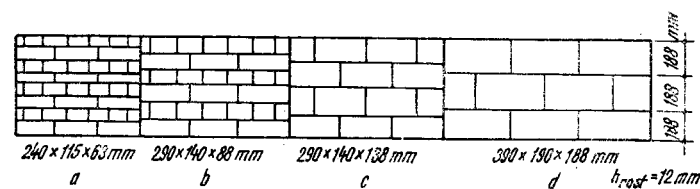


Fig. 7.11. Realizarea asizelor orizontale la zidăria cu pietre de înălțimi diferite :

a—cu pietre avind 63 mm înălțime; b—cu pietre avind 88 mm înălțime; c—cu pietre avind 138 mm înălțime; d—cu pietre avind 188 mm înălțime.

rezistențelor sale la întindere, forfecare, compresiune și încovoiere și a prevenirii fisurării datorită variațiilor de umiditate (contractie, umflare) și de temperatură, din curgere lentă sau datorită unor încărcări accidentale (vibrații, tasări diferențiale etc.).

Zidăria cu armare transversală se execută cu plase așezate în rosturile orizontale ale pereților (fig. 7.12, a, b, c) sau stîlpilor (fig. 7.12, d, e).

Armarea longitudinală pe înălțimea zidăriei se realizează cu distribuție concentrată, ca în cazul pereților consolidați cu stîlpișori de beton armat (v. fig. 7.2) sau cu distribuția uniform repartizată pe lungimea peretelui, rar folosită la noi în țară. Armătura longitudinală poate fi amplasată în diferite sisteme :

— **exterioară**, cu execuție mai ușoară și protecție anticorosivă; sporește capacitatea portantă a zidăriei și permite folosirea mai eficace a armăturii (fig. 7.13, a);

— **interioară**, cu execuție mai greoaie și folosire, în special, pentru stîlpi cu grosimi mai mari de 2 cărămizi și supuși acțiunii agresive sau unor temperaturi mari. Se recomandă rosturi verticale mai mari cu 5 mm decât diametrul armăturii și ancorarea barelor întinse (fig. 7.13, b, c);

— **montată în golurile blocurilor**, realizate din beton ușor, uneori

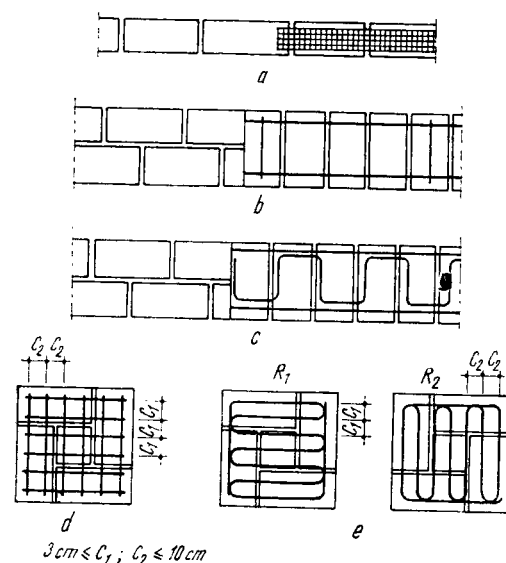


Fig. 7.12. Zidării cu armare transversală :

a—zid de 1/2c grosime, armat cu plasă din sîrmă de oțel trasă la rece sau benzi de stantare, așezate crucis; b—zid de 1 c grosime, armat cu grătare din oțel-beton; c—zid de 1 c grosime armat cu bare îndoit (pieptene, zigzag); d—stîlp 1 1/2 c x 1 1/2 c, armat cu grătare din plasă de sîrmă trasă la rece; e—stîlp 1 1/2 c x 1 1/2 c armat cu bare din oțel-beton îndoit, așezate crucis în două rinduri succesive.

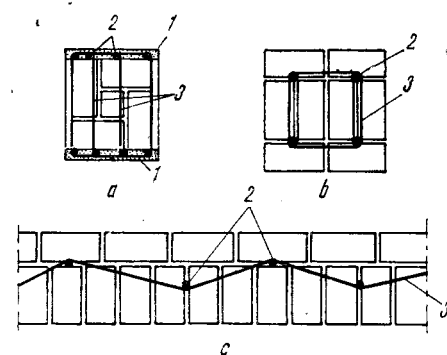


Fig. 7.13. Zidărie cu armare longitudinală :

a—stîlp cu armătura dispusă spre exterior; b—stîlp cu armătura dispusă în interiorul zidăriei; c—zid cu armătura dispusă la interior; 1—mortar de ciment; 2—bare verticale din oțel-beton; 3—etrieri.

cu față văzută, cu forme geometrice și goluri corespunzătoare pentru montarea armăturii verticale și apoi pentru umplerea lor cu mortar (fig. 7.14);

— **interioară**, în miezul din mortar fluid, turnat între doi pereți subțiri exteriori de zidărie, alcătuind pereți dubli, denumiți **zidărie cu inimă armată** (fig. 7.15);

— **cu eforturi inițiale**, folosită în ultimul timp la precomprimarea pereților cu ajutorul toroanelor sau la executarea recipientilor de lichide.

Freyssinet a arătat că „numai grație precomprimării naturale, datorită greutatei proprii, un zid rezistă solicitărilor, care tind să-l răstoarne, iar permanența acumulărilor realizate de natură sau de oameni este asigurată“.

Zidăriile cu armătură longitudinală montată în golurile blocurilor, cele cu inimă armată sau cu eforturi inițiale se folosesc la clădiri cu puține și cu multe niveluri supuse la acțiuni orizontale, provenind din vânturi puternice sau cutremure.

Pentru a putea considera conlucrarea armăturii cu zidăria la verificarea stării ultime de compresiune, încovoiere și forfecare, ca și a stărilor limită de exploatare, se iau măsuri corespunzătoare privind aderența armăturii cu zidăria, ancorajul său și protecția anticorosivă. Tensiunile locale de întindere, cum sînt cele din zonele de aplicare a încărcărilor concentrate, se pot prelua prin armătură. De asemenea, armătura se poate folosi în structurile de zidărie pentru a spori ductilitatea și rezistența la încărcări excepționale (seisme, explozii etc.). Zidăria armată și complexă, cu mortare plastice și adezivi sintetici, se poate folosi pentru elemente structurale solicitate, în principal, la încovoiere și forțe tăietoare (console, grinzi, grinzi-pereți etc.), pe baza unei atente cunoașteri a comportării lor mecanice. Măsurile constructive pentru zidăriile armate sînt cuprinse în prescripțiile tehnice de specialitate.

7.1.3.4. Alte tipuri de zidării. Zidăriile mixte utilizează, de obicei, două pietre sau materiale de zidărie; se folosesc la zidăriile de subsol realizate din beton sau piatră naturală cu față interioară din cărămizi (v. fig. 7.1, c, d) sau la zidăriile de fațadă realizate din cărămidă, cu față văzută executată din pietre de fațadă sau cu placcje ceramice, din beton decorativ sau din pietre naturale.

Ca **zidărie ușoară cu goluri** se folosesc zidăriile cu straturi de aer avind rosturile verticale longitudinale dinspre partea exterioară lărgite pînă la 40...50 mm, zidăriile ușoare sub formă de jgheab (fig. 7.16) și zidăriile cu goluri și doi pereți subțiri-diafragme, cum este zidăria americană (fig. 7.17). Se recomandă umplerea golurilor cu materiale termoizolatoare, mai ales pentru pereții exteriori. În figura 7.18 sînt prezentate soluții de pereți din zidărie cu strat de aer ventilat. Straturile verticale componente ale pereților cu strat de aer se solidarizează cu ancore metalice protejate contra coroziunii, care se montează pînă la 5 cm distanță de fețele văzute ale celor două straturi, cîte 5 bucăți pe metru pătrat de perete

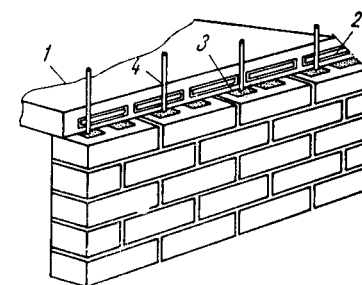


Fig. 7.14. Zidărie cu armare longitudinală montată în golurile blocurilor de zidărie :

1—planșeu prefabricat; 2—praguri de forfecare; 3—golul blocului umplut cu mortar; 4—armătură verticală.

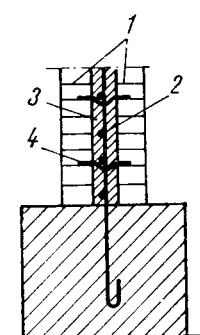


Fig. 7.15. Perete din zidărie cu inimă armată :

1—pereți subțiri de 12,5 cm grosime; 2—rețea din oțel-beton ductil; 3—inimă din mortar de ciment sau beton; 4—ancore de legătură.

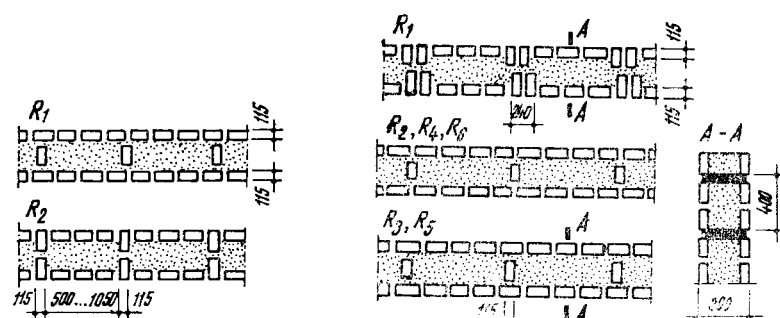


Fig. 7.16. Pereți realizați în diverse sisteme de țesere din zidărie ușoară sub formă de jgheab.

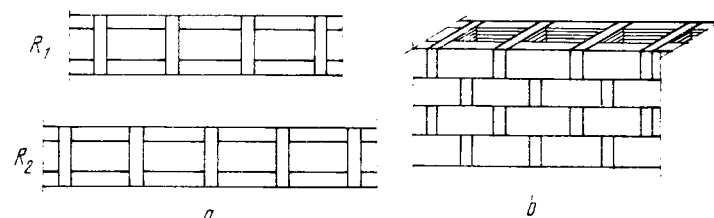


Fig. 7.17. Zidărie cu goluri (sistem american):
a - plan; b - vedere.

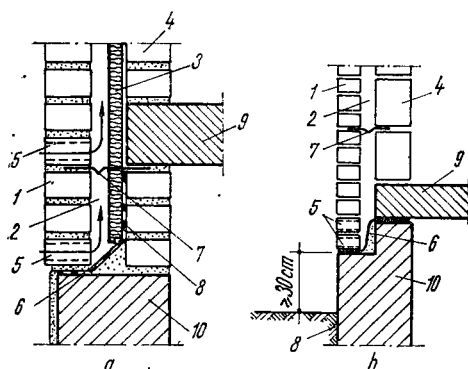


Fig. 7.18. Pereți din zidărie cu strat de aer ventilat:

a - cu strat de izolație termică; b - cu blocuri de beton celular autoclavizat; 1 - strat exterior din zidărie de cărămidă; 2 - strat de aer de aproximativ 4 cm grosime; 3 - plăci termoizolante rigide; 4 - strat interior din zidărie de cărămidă sau de beton celular autoclavizat; 5 - găuri de ventilație (rosturi neumplute, pietre de zidărie cu goluri); 6 - izolație hidrofușă orizontală; 7 - ancore metalice; 8 - izolație hidrofușă verticală; 9 - planșeu peste subsol; 10 - perete de subsol.

sau cu armătură continuă din bare de oțel-beton așezate în zigzag sau sub formă de pieptene. Ventilarea stratului de aer se face prin găuri de ventilație executate în peretele component exterior, cu o secțiune de ventilație mai mare de 10 cm^2 pe m de perete și pe înălțimea etajului, ceea ce se realizează cu pietre speciale de zidărie sau prin anumite rosturi verticale lărgite ale stratului exterior de perete.

Zidăria vibrată este folosită la realizarea prefabricatelor de zidărie cu lățime mai mare de 40 cm, sub formă de blocuri mari (fig. 7.19) sau panouri mari (fig. 7.20), din produse ceramice, blocuri de beton ușor sau din pietre naturale, pline sau cu găuri, folosind uneori și precomprimarea. Panourile mari ceramice pentru pereți pot avea dimensiunile unei camere sau mai mari și pot căpăta forme mult diferite, mai ales în cazul panourilor de fațadă și al pereților cortină.

Fig. 7. 19. Pereți din blocuri mari realizate din beton ușor:

a - cu patru asize pe nivel; b - cu trei asize pe nivel; c - cu două asize pe nivel.

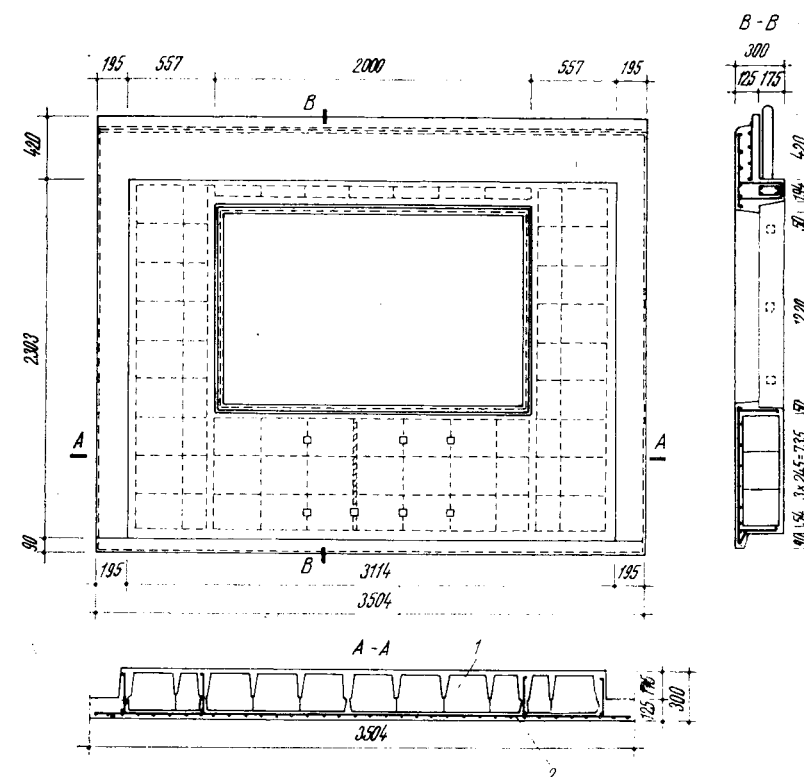
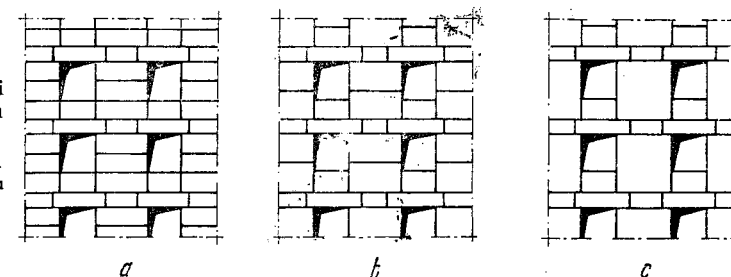


Fig. 7.20. Panou ceramic pentru perete exterior neportant, utilizat de ICROM-Iași [109]:

1 - bloc ceramic; b - mortar vibrat.

Pentru consolidarea și sporirea capacității portante a zidăriei supusă la compresiune centrică sau cu excentricitate mică se folosesc *cămășueli* (fig. 7.21) executate din beton armat cu grosime 6...10 cm, metal sau tencuială armată, care împiedică deformările transversale ale elementelor, lucrând ca o fretă.

7.1.3.5. Executarea lucrărilor de zidărie. Pentru o bună execuție a zidăriei se recomandă umplerea cât mai completă a tuturor rosturilor cu mortar; umezirea prealabilă a produselor ceramice cu absorbție mare ($\text{IRA} > 20$), evitând supraumezirea; evitarea preumezirii blocurilor de beton; folosirea mortarelor

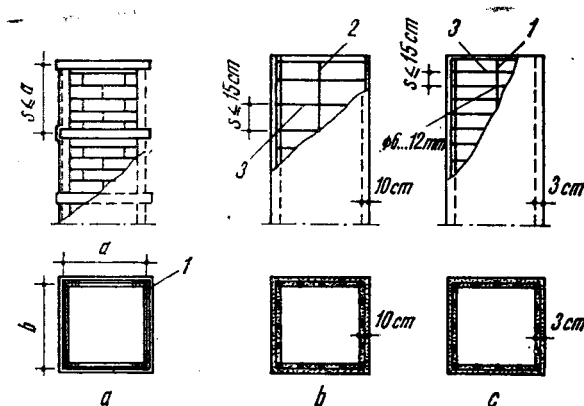


Fig. 7.21. Zidărie întărită cu cămășuieli:
a - din oțel; b - din beton armat; c - din tencuială armată; 1 - profil metalic; 2 - armătură verticală; 3 - etrier.

la temperaturi coborâte. Este de dorit evitarea utilizării pietrelor de zidărie de diferite tipuri în același element de zidărie și a produselor de zidărie mai mici decât jumătate din grosimea elementului de construcție. O atenție deosebită trebuie acordată țeserii zidărilor la colțuri, intersecții și ramificații.

Rosturile realizate din mortare cu adezivi trebuie să aibă o grosime medie de 3 mm, fiind indispensabilă așezarea cu ajutorul nivelmetrului a primului rând pentru a ușura punerea în operă a rândurilor următoare. Rosturile mortarelor obișnuite trebuie să aibă o grosime uniformă (8...12 mm), iar pietrele de zidărie trebuie puternic apăsate și bine îngropate în rosturile pline cu mortar. Când întărirea mortarului a început deja și trebuie continuată zidăria, se perie și se udă suprafața mortarului pentru a ușura adeziunea noilor porțiuni de zidărie.

Eflorescențele, care apar pe suprafețele văzute ale zidărilor ceramice, sînt datorate prezenței sărurilor solubile, umidității, porozității elementelor de construcție ca și influențelor constructive și din precipitații, care condiționează dizolvarea și transportul sărurilor. Eflorescențele strică adesea aspectul fațadelor, dar de cele mai multe ori nu sînt periculoase. În cel mai nefavorabil caz, formarea eflorescențelor este datorată unei umidități permanente, de exemplu, cînd elementul de construcție este permanent în contact direct cu apa subterană sau cu umiditatea ascensională a terenului. Cea mai indicată metodă de eliminare a eflorescențelor constă în uscarea și îndepărtarea umezirii zidărilor, fiind necesare măsuri speciale în cazul eflorescențelor colorate.

7.2. PROPRIETĂȚILE ZIDĂRIEI

Zidăriile sînt *materiale compuse* ale căror proprietăți sînt controlate (determinate) de proprietățile materialelor componente (pietre de zidărie, mortar, armătură, beton) și de interacțiunea lor, astfel că produsul final are proprietăți diferite de cele ale materialelor componente sau chiar avantaje, depășind proprietățile materialelor componente luate independent. Relațiile pentru stabilirea principalelor proprietăți ale zidărilor se exprimă, de obicei, pe baza proprietăți-

cu o bună lucrabilitate și o capacitate mare de reținere a apei; folosirea pietrelor cu toleranțe dimensionale mici, atent controlate înainte de punerea în operă; protecția lucrărilor împotriva intemperiilor.

Execuția zidărilor trebuie să respecte regulile tehnice privind aprovizionarea materialelor, prepararea și punerea în operă a mortarului, pregătirea pietrelor de zidărie, executarea și țeserea zidăriei proaspăt executate, ca și regulile de execuție a zidăriei pe timp friguros, cînd se execută

lor materialelor componente, a fenomenelor și legilor interacțiunii dintre ele, ca și în cazul altor materiale compuse (beton, beton armat, materiale plastice, mortar etc.).

7.2.1. PROPRIETĂȚILE MECANICE ALE ZIDĂRIEI SOLICITATĂ LA COMPRESIUNE CENTRICĂ

7.2.1.1. Stadiile de lucru și mecanismul de rupere a zidărilor solicitate la compresiune centrică. În timpul încărcării treptate a elementelor de zidărie (stîlpi, pereți) solicitate la compresiune axială, normală, pînă la încărcarea de rupere, se deosebesc patru stadii (fig. 7.22), în funcție de valoarea eforturilor reale, efective. În primul stadiu, $N < N_{fis}$, zidăria nu prezintă fisuri. În al doilea stadiu, $N = N_{fis}$, apar primele fisuri la unele cărămizi datorită eforturilor de întindere, încovoieră și forfecare. Valoarea încărcării de fisurare N_{fis} depinde de proprietățile mecanice și de deformabilitatea celor două materiale componente, ca și de modul de execuție. Fragilitatea zidăriei crește (ceea ce se poate aprecia prin valoarea mai ridicată a raportului N_{fis}/N_r , cît mai apropiată de unu) odată cu creșterea rigidității mortarului și a înălțimii pietrei (tab. 7.4.). Rezerva de siguranță după fisurare la mortarele de var care sînt mai deformabile este de (0,4...0,5) N_r , față de cele de ciment, mai rigide la care rezerva este de (0,2...0,3) N_r . De aceea, apariția fisurilor chiar neînsemnate la o zidărie de vîrstă mai înaintată, executată cu mortar de ciment arată o supraîncărcare, rezervă mică de siguranță și necesită imediat o analiză a cauzelor apariției fisurilor și luarea unor măsuri imediate. Apariția unor fisuri în structuri constituie în majoritatea cazurilor un semnal, fiind necesară urmărirea în timp a comportării lor sub încărcări. Odată cu mărirea încărcărilor are loc alungirea și deschiderea primelor fisuri și apariția de noi fisuri, care se unesc între ele și cu rosturile verticale, iar zidăria începe să se desfacă la mijlocul înălțimii în stîlpișori verticali separați, solicitați excentric. Este al treilea stadiu în care distrugerea zidăriei are loc datorită dezvoltării tensiunilor de întindere și forfecare în cărămizi și a flambajului stîlpișorilor subțiri, comprimați excentric (fig. 7.23). Începutul celui de al IV-lea stadiu considerat ca stadiu de avarie, se consideră cînd deschiderea fisurilor continuă încet, chiar dacă încărcarea rămîne constantă și se produce

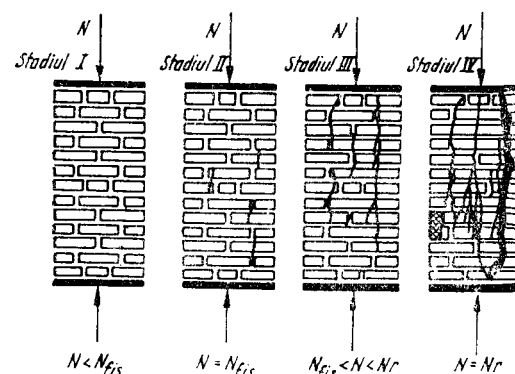


Fig. 7.22. Stadii de lucru ale zidăriei solicitată la compresiune.

Tabelul 7.4

Tipul mortarului	Raportul $N_{fis} : N_r$ la o vîrstă a zidăriei, în zile de :		
	3	28	720
de ciment	0,6	0,7	0,8
de ciment și var	0,5	0,6	0,7
de var	0,4	0,5	0,6

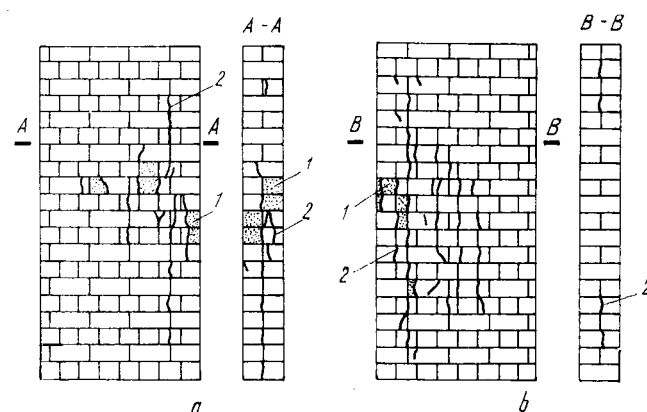


Fig. 7.23. Posibilități de fisurare a unui perete din zidărie de cărămidă, comprimat centric:
1 - cărămizi supuse la eforturi mari de întindere și forfecare; 2 - fisuri.

la încărcări egale cu $(0,8 \dots 0,9) N_r$. În stadiul al IV-lea de rupere fisurile evoluează brusc chiar pentru un spor mic de încărcare, iar zidăria este împărțită în stâlpișori izolați, nelegați între ei; ruperea are loc datorită depășirii tensiunilor de întindere și forfecare și în special, datorită flambajului stâlpișorilor subțiri sub acțiunea compresiunii excentrice.

Stările complexe de tensiuni în diferitele stadii de lucru ale zidăriei comprimate sînt determinate de diferențele dintre proprietățile celor două materiale componente și în primul rînd de deformabilitatea lor diferită, rezistențele și deformabilitatea mortarului fiind, în general, mai mici decît ale pietrelor de zidărie. La încărcarea zidăriei, cărămizile și mortarul se deformează lateral, dar deformările transversale ale mortarului sînt mai mari decît ale cărămizilor; ambele materiale fiind legate între ele prin frecare și adeziune sînt obligate a avea aceleași deformații transversale în zona de contact. În acest caz, cărămizile opresc deformația mortarului, care produce o deformare suplimentară a cărămizilor. Astfel, pietrele de zidărie sînt solicitate la întindere transversală, care se adaugă la tensiunea de compresiune verticală din acțiunea exterioară, iar mortarul, care este mai puțin rigid, este supus la o tensiune laterală de compresiune, fiind împiedicat de a se deforma lateral (fig. 7.24). Mortarul se zdrobește în mod obișnuit înainte ca peretele să cedeze și expulzarea sa din rosturi este împiedicată de cărămizi. Se dezvoltă o stare triaxială de tensiuni în cărămizi și mortar: compresiune verticală și întinderi transversale bidirecționale. Se adaugă și eventuale tensiuni suplimentare de încovoire, forfecare și compresiune locală din concentrări de tensiuni provocate de neuniformitatea pietrei de zidărie și mai ales a patului de mortar datorită imperfecțiunilor, variațiilor dimensiunilor pietrelor de zidărie și a modului de preparare, punere în operă și întărire a mortarului (fig. 7.25). În plus, mortarul se desprinde în unele puncte din cauza contracției sau a puternicei absorbții de apă, astfel că sporește neuniformitatea și necontinuitatea rezemării cărămizilor pe patul de mortar. Neuniformitatea proprietăților de rezistență, deformare și a geometriei (grosime, umplere etc.) rostului de mortar, ca și a pietrelor de zidărie, completează modelul mecanismului de rupere a zidăriei comprimate centric. Ruperea zidăriei comprimate se produce de îndată ce sînt depășite rezistențele pietrelor de zidărie sub stare

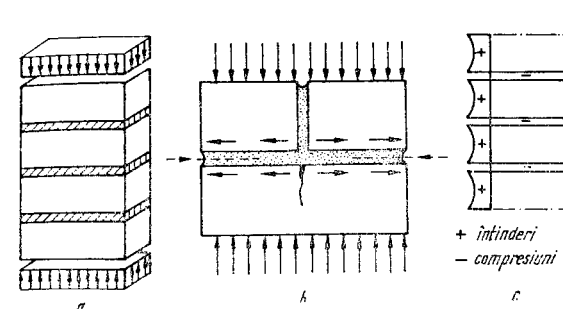


Fig. 7.24. Starea de tensiuni în zidăria comprimată centric:

a - compresiune după axa verticală; b - tensiuni laterale transversale în cărămizi și mortar; c - variația tensiunilor laterale pe înălțimea pietrelor și a compresiunilor în rostul de mortar.

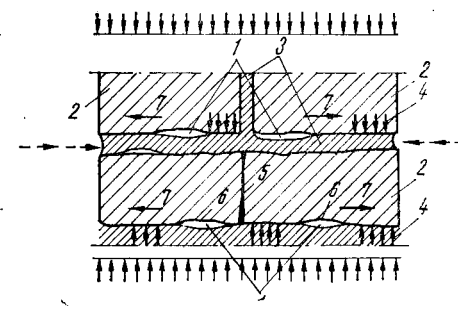


Fig. 7.25. Starea complexă de eforturi în cărămizi și mortar:

1 - goluri de aer; 2 - cărămizi; 3 - mortar; 4 - zonă de compresiune locală (concentrare de tensiuni); 5 - zonă de forfecare; 6 - zonă de încovoire; 7 - tensiune transversală în cărămizi.

triaxială de tensiuni (întindere, întindere-compresiune) sau pietrele nu au suficientă capacitate de fretare (împiedicare a deformațiilor laterale, transversale ale mortarului). Deoarece pietrele de zidărie au în general ruperi fragile, fisurarea și apoi ruperea (cedarea) lor se produce după plane perpendiculare tensiunilor laterale maxime de întindere, adică paralel cu direcția acțiunii exterioare. Astfel, rezistența la întindere a pietrelor de zidărie poate avea rol predominant în capacitatea portantă a elementelor de zidărie solitate la compresiune.

7.2.1.2. Formule pentru stabilirea rezistenței de rupere a zidăriei comprimate centric. Se pot menționa formulele Drögsler, Ekblad, Gräf, Haller, Hanson, Hermann, Kreüger, Nylander, Oniscik, Seunson, Dürkop, Voellmy, Bräcker, Monk, Hilsdorf etc. pentru stabilirea rezistenței de rupere la compresiune centrică a zidăriei.

Formulele vechi, care sînt și cele mai numeroase, au un caracter empiric, deduse din experimentări. Ultimele formule consideră din ce în ce mai mult starea triaxială de tensiuni a zidăriei ca material compus și evidențiază principalii factori determinanți.

În U.R.S.S. se folosește pentru zidăria din cărămizi, din blocuri ceramice și de beton, formula prof. L. I. Oniscik:

$$R_z = A R_p \left(1 - \frac{a}{b + \frac{R_m}{2R_p}} \right) \eta [\text{daN/cm}^2], \quad (7.1)$$

unde: R_p și R_m sînt mărcile pietrei și mortarului, în daN/cm^2 ;

a și b - coeficienți adimensionali, determinați experimental;

A - coeficient constructiv, care depinde de rezistența și tipul pietrei;

η - coeficient de corecție, introdus recent în zidăriile cu mortare de mărci joase.

Pentru zidăria din blocuri mari de beton, silico-calcare sau piatră naturală se poate aplica formula:

$$R_z = A R_p \left(1 - \frac{a}{b + \frac{R_m}{50}} \right) [\text{daN/cm}^2]. \quad (7.2)$$

Rezistența de rupere la compresiune centrică a zidăriei se poate exprima după Hilsdorf cu relația:

$$R_z = \frac{R_p}{U_u} \frac{R_{pt} + \alpha R_m}{R_{pt} + \alpha R_p} \quad (7.3)$$

în care intervin rezistențele de rupere la compresiune și întindere R_p și R_{pt} ale pietrei de zidărie, rezistența de rupere la compresiune a mortarului R_m , raportul dintre grosimea rostului și înălțimea pietrei de zidărie α și un coeficient de neuniformitate la rupere U_u (raportul dintre tensiunea maximă și tensiunea medie), care poate avea valorile 1,1...2,5 și care scade odată cu sporirea mărcii mortarului. Pentru aplicarea acestei formule lipsesc în prezent date suficiente mai ales pentru R_{pt} și U_u , iar rezistența la compresiune a mortarului din rost R_m , determinată în laborator, diferă de cea reală din rostul zidăriei.

Din cauza mării diversități de pietre de zidărie și mortare, rezistențele la compresiune a zidăriei variază deosebit de mult, între 10 și 500 daN/cm², fiind influențate de numeroși factori.

În prezent se elaborează de către comisia RILEM — 24 BW, metodele de încercare a pereților portanți și a zidărilor pe probe de înălțime mică sau cu înălțimea unui etaj, dublu articulate sau încastrate la cele două capete. Se menționează că pietrele de zidărie și mortarul lucrează în condițiile reale ale zidăriei din structurile în mărime naturală în condiții diferite, în raport cu metodele de determinare în laborator a proprietăților lor mecanice.

7.2.1.3. Factorii care influențează rezistența la ruperea centrică a zidăriei.

7.2.1.3.1. Rezistența și tipul pietrei. Coeficientul constructiv A din expresia (7.1), întotdeauna mai mic decât 1, se utilizează pentru aprecierea gradului de utilizare a mărcii pietrei de zidărie; cu ajutorul relației (7.2) se poate urmări sporirea mărcii zidăriei odată cu creșterea mărcii mortarului pentru aceeași rezistență a pietrei (fig. 7.26):

$$- \text{pentru } R_m = 0; R_{z, \min} = A R_p \left(1 - \frac{a}{b}\right);$$

$$- \text{pentru } R_m \approx \infty; R_{z, \max} = A R_p; A = \frac{R_{z, \max}}{R_p}.$$

În general, marca zidăriei crește odată cu mărirea mărcii pietrei, deși există alți factori (uniformitatea dimensiunilor, concentrările de eforturi, netezimea etc.) care pot fi de egală importanță. Factorul de eficiență (fig. 7.27), definit

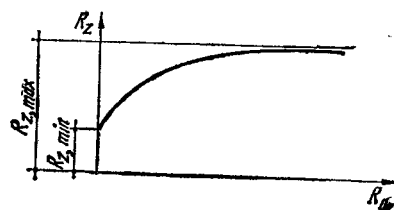


Fig. 7.26. Variația rezistenței zidăriei, R_z în funcție de rezistența mortarului, R_m , pentru aceeași marcă a pietrei, R_p .

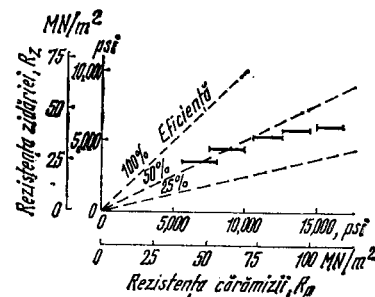


Fig. 7.27. Variația mărcii zidăriei cu marca pietrei de zidărie, stabilirea factorului de eficiență.

ca raportul dintre marca zidăriei și marca pietrei pentru un mortar dat, variază între 5 și 60% și poate fi mai mare în anumite cazuri speciale (adezivi și mortare fine foarte rezistente, blocuri mari de beton). Utilizarea pietrelor în zidărie sporește cu înălțimea lor; coeficienții constructivi A sînt din ce în ce mai mari la zidăriile din cărămizi, blocuri mici și mari; zidăria de piatră brută are cea mai redusă utilizare a mărcii pietrei în zidărie. Coeficientul constructiv scade în cazul pietrelor cu goluri sau găuri verticale, găurile rotunde fiind mai indicate, ținînd seamă de concentrările de eforturi.

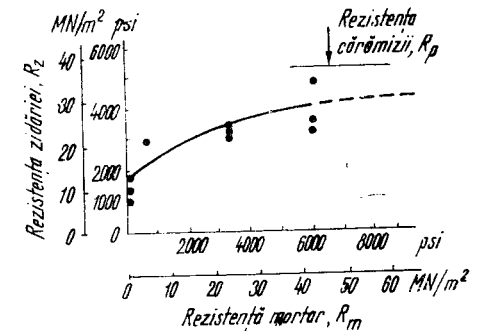


Fig. 7.28. Variația mărcii zidăriei cu marca mortarului.

7.2.1.3.2. Rezistența și tipul mortarului. Rezistența de rupere a zidăriei sporește odată cu mărirea mărcii mortarului și anume, intens pentru mărci joase de mortar, pentru ca apoi creșterea să se micșoreze treptat și aproape să înceteze la mărci superioare de mortar (fig. 7.28). Creșterea mărcii mortarului influențează, în special, rezistența zidărilor cu coeficient constructiv mic (fig. 7.29). Mortarele de mărci superioare îmbunătățesc rezistența zidăriei, prin rigiditatea lor sporită, mai ales pentru zidării din piatră cu înălțime mică, la care numărul rosturilor orizontale umplute cu mortar pe un metru înălțime de zid este mare.

7.2.1.3.3. Vîrsta zidăriei și durata de încărcare. Din figura 7.30 rezultă că rezistențele zidăriei întărită, neîncărcată cresc mai repede în primele zile în cazul mortarelor de mărci superioare, în timp ce zidăria cu mortar marca 4 își mărește rezistența mai încet, dar mai uniform în timp. Zidăria proaspăt executată se încarcă treptat cu greutatea proprie a planșelor, cu încărcările de montaj și utile, pînă la cea totală, deci cu o încărcare de durată. S-a stabilit că dacă încărcarea de durată N_{dur} nu depășește încărcarea de fisurare ($N_{dur} < N_{fis}$) atunci rezistența zidăriei și mortarului sînt îmbunătățite (fig. 7.31). Dimpotrivă, cînd $N_{fis} > N_{dur}$, se observă o scădere mai mare sau mai mică a rezistenței de rupere a zidăriei și mortarului sub încărcarea de durată $N_{r, dur}$.

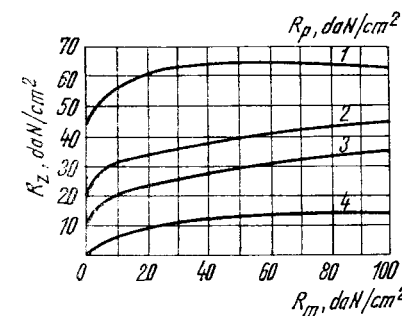


Fig. 7.29. Influența mărcii mortarului asupra mărcii zidăriei, marca pietrei fiind 100 daN/cm²:

1 — zidărie din blocuri mari, pline; 2 — zidărie din blocuri mici, pline; 3 — zidărie din cărămidă; 4 — zidărie din piatră brută.

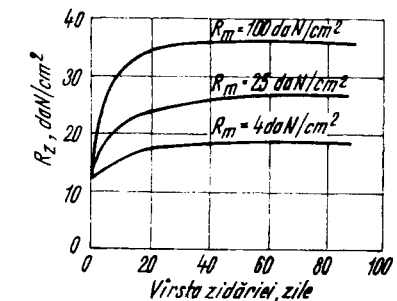


Fig. 7.30. Variația rezistenței de rupere la compresiune a zidăriei neîncărcate, realizată cu mortare de mărci diferite, în funcție de timp.

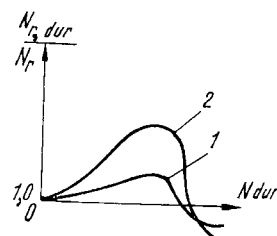
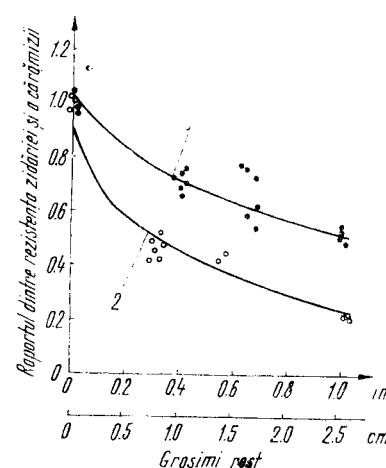


Fig. 7.31. Influența încărcării de durată asupra rezistenței mortarului și zidăriei de cărămidă:
1 - zidărie; 2 - mortar.

Fig. 7.32. Influența grosimii rostului asupra factorului de eficiență a zidăriei:
1 - pentru cărămizi pline; 2 - pentru cărămizi găurite.



7.2.1.3.4. *Influența metodei și calității execuției.* Calitatea execuției zidăriei depinde de gradul de rezemare și apăsare a cărămidzilor în mortar, de umplerea tuturor rosturilor cu mortar, care trebuie să fie cât mai uniformă, de calificarea zidarului, care este importantă mai ales pentru mărci reduse de pietre și mortare. Cu zidari de calificare superioară se realizează zidări cu sporuri foarte diferite de rezistențe, variind între 10 și 100 %. Vibrarea zidăriei cu procedee moderne a condus la sporirea rezistențelor și a eficienței tehnico-economice a zidăriilor.

7.2.1.3.5. *Influența grosimii rosturilor orizontale și a formei pietrei de zidărie.* Se obțin rezistențe sporite pentru zidării cu rosturi orizontale subțiri și avind un raport mic între grosimea rostului și înălțimea pietrei (fig. 7.32). Forma pietrei influențează în mod deosebit rezistența de rupere la compresiune centrică a zidăriei. Astfel, zidăriile din piatră naturală, cioplită regulat sau din piatră naturală cioplită regulat și aleasă, au rezistențe sporite cu 50 %, respectiv 100 %, față de zidăria din piatră cioplită brut. Cu cât fețele sînt mai plane și mai regulate, fără proeminențe, deformări etc., cu atît este folosită mai bine piatra în zidărie.

7.2.1.3.6. *Influența lucrabilității mortarului.* Sporirea lucrabilității mortarului se poate face prin mărirea cantității de apă sau cu ajutorul plastifiantilor. Mortarele cu o tasare a conului etalon de circa 20 cm, umplu bine suprafețele neregulate ale pietrelor de zidărie și rosturile verticale, ceea ce conduce la un spor de rezistență pentru zidărie cu 10..12 %, în raport cu zidăria executată cu mortare cu o tasare a conului de 7...8 cm, care nu umplu bine rosturile verticale. Mărirea raportului apă-ciment nu micșorează densitatea aparentă și rezistența mortarului în zidărie de cărămidă, deoarece apa care depășește cantitatea necesară hidratării este rapid absorbită de cărămizi. Astfel, numai la cîteva minute după așezarea cărămidzilor în patul de mortar, se obțin raporturi apă-ciment apropiate în cazul mortarelor cu tasare inițială a conului etalon de 12 și de 7 cm.

Se recomandă umplerea completă a rosturilor verticale, care se poate realiza prin mortare cu lucrabilitate optimă (tasarea conului etalon ≥ 12 cm), prin vibrarea zidăriei etc.

7.2.2. REZISTENȚA DE RUPERE A ZIDĂRIEI LA ÎNTINDERE AXIALĂ, FORFECARE ȘI COMPRESIUNE LOCALĂ

7.2.2.1. *Rezistența la întindere a zidăriei după rosturi nelegate.* Ruperea zidăriei după secțiuni nelegate la întindere normală pe suprafața rosturilor orizontale (fig. 7.33, a) este denumită adeseori ruperea la întindere a zidăriei cu rosturi continue sau de-a lungul rostului neîntrerupt.

Rezistențele la întindere (directă sau de încovoiere) sînt determinate de aderența la suprafața de contact între pietrele de zidărie și mortar, care reprezintă cea mai slabă legătură a sistemului. Neexistînd legături chimice, rezistența la întindere a elementului de zidărie este mult mai mică decît rezistența la compresiune și în unele cazuri poate tinde către zero. În acest caz, efortul N este perpendicular pe rosturile orizontale, iar fisura în cazul ruperii poate fi amplasată cel mai des de-a lungul suprafeței de contact (1-1) dintre piatră și mortar (prin distrugerea aderenței) sau de-a lungul mortarului (2-2), cînd rezistența de rupere la întindere a mortarului este mai mică decît aderența. Uneori, ruperea poate avea loc prin piatră (3-3) sau de-a lungul unei suprafețe (4-4) care trece prin piatra de zidărie, prin mortar și prin suprafața de contact a mortarului cu piatra de zidărie.

Aderența dintre piatră și mortar depinde de modul de realizare a contactului pe întreaga suprafață între mortar și piatră și de capacitatea de legare a mortarului și este influențată ca și rezistența la întindere de : marca, compoziția, capacitatea de reținere a apei și lucrabilitatea mortarului; structura și absorbția de apă a pietrei; starea suprafețelor de contact (netede, rugoase) dintre piatră și mortar; regimul de întărire (umiditate și temperatură); vîrsta mortarului din zidărie în momentul încărcării etc.

Compoziția optimă a mortarului (ciment, plastifiant, nisip) determină o aderență bună la mortarele de ciment; aderența poate fi mult redusă prin desprinderea pietrei de mortar din cauza eforturilor de contracție. Deformațiile de contracție se reduc odată cu creșterea conținutului de plastifianți sau nisip, în anumite limite, ținînd seama și de reducerea capacității de legare a mortarului.

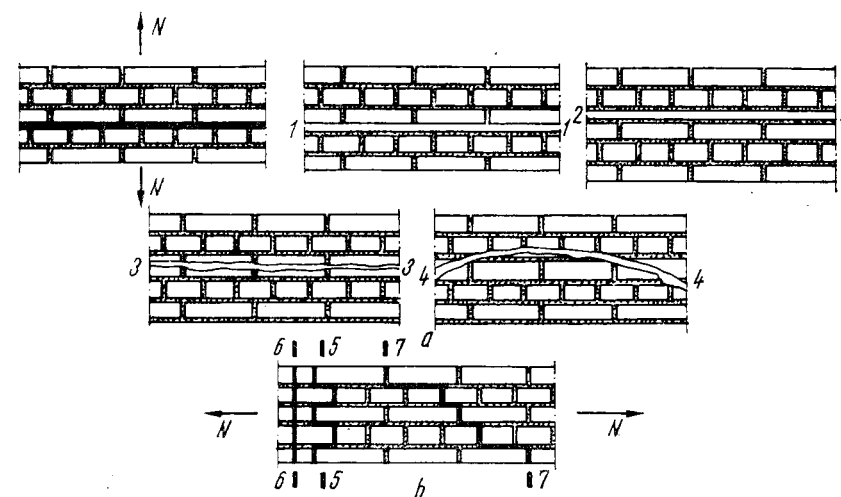


Fig. 7.33. Ruperea zidăriei din pietre regulate la întindere :
a - în secțiuni cu rosturi continue; b - în secțiuni cu rosturi țesute (zigzag).

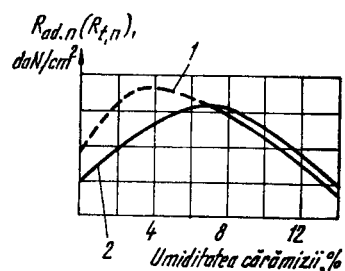


Fig. 7.34. Aderența la întindere normală a zidăriei de cărămidă, în funcție de umiditatea cărămidii la punerea în operă, pentru mortare cu tasarea conului de: 1 - 12...13 cm; 2 - 7...9 cm.

întindere a pietrei de zidărie, astfel încât ruperea prin întindere se produce prin piatră mai ușor decât prin rost.

Rezistența la întindere normală $R_{t,n}$ sau aderența $R_{ad,n}$ este limitată în prescripții pentru zidăriile obișnuite la maximum 1,8 daN/cm², deoarece nu pot fi stăpâniți, în mod practic în execuție toți factorii care influențează aderența. Nu se recomandă realizarea de elemente de zidărie a căror rezistență este determinată numai de aderență. Aderența influențează capacitatea portantă, mai ales a elementelor de zidărie solicitate la compresiune excentrică, forfecare sau încovoiere, precum și a celor solicitate de încărcări dinamice sau de șoc (cutremur, vibrații de mașini etc.).

7.2.2.2. Rezistența la întindere a zidăriei după secțiuni legate. Ruperea zidăriei după secțiuni legate, la întindere paralelă cu suprafața rostului orizontal este denumită adeseori ruperea zidăriei după secțiuni cu rosturi țesute, în zigzag (v. fig. 7. 33, b). Ruperea se poate face după o linie frântă 5-5 (în ștrepi), care trece numai prin rosturi orizontale și verticale (v. fig. 7. 33, b), după linia care trece prin rosturi verticale și pietre (secțiunea 6-6) sau după o secțiune în trepte (7-7). De obicei, se neglijează aderența în rosturile verticale, astfel că rezistența la întindere tangențială la ruperea prin rosturi depinde numai de aderența mortarului cu pietrele în rosturi orizontale, iar la ruperea prin pietre și rosturi verticale contează numai rezistența pietrelor. Aderența tangențială depinde de aceiași factori ca și aderența normală, între ele existând o relație determinată experimental: $R_{ad,t} = (1,3...1,5) R_{ad,n}$, iar în norme se indică $R_{t,t} = 2R_{t,n}$ sau $R_{ad,t} = 2 R_{ad,n}$; cu $R_{ad,t} = R_{t,t}$, rezultă;

$$R_{ad,t}^{max} = 6 \text{ daN/cm}^2, \text{ deoarece } R_{ad,n}^{max} = 3 \text{ daN/cm}^2 \text{ pentru } R_m \approx \infty.$$

În realitate, rezistența de rupere a zidăriei la întindere tangențială depinde și de țeserea zidăriei, fiind determinată de rezistența tuturor rosturilor orizontale.

Rezistențele la întindere axială se referă la secțiunea brută a zidăriei. Întinderea axială a zidăriei după secțiuni legate se întâlnește la calculul rezervoarelor cilindrice, al silozurilor etc.

7.2.2.3. Rezistența de rupere la forfecare a zidăriei. Această solicitare este întâlnită la reazemele construcțiilor în arc, la console, buiandrugi etc. (fig. 7.35). Rezistența la forfecare, influențată de comportarea zonei de contact a pietrelor în rosturile zidăriei, depinde de adeziunea de contact și de forțele care acționează perpendicular pe rost. La forfecarea zidăriei după secțiuni nelegate (fig. 7.36, a)

rezistența de rupere se poate calcula pe baza teoriei lui Mohr-Coulomb a frecării interioare:

$$R_{forf} = R_{t,t} + f\sigma_0, \quad (7.4)$$

unde σ_0 este efortul unitar mediu de compresiune în secțiunea considerată, pentru încărcarea normală minimă, iar f — coeficientul de frecare în rosturile zidăriei, micșorat de obicei cu 0,8.

Când nu sînt eforturi de compresiune normale, $\sigma_0 \leq 0$:

$$R_f = R_{t,t} = R_t \quad (7.5)$$

Rezistența de rupere la forfecare după secțiuni legate, combinat prin rosturi și pietre (fig. 7.36, b) este egală, de obicei, cu rezistența de rupere a pietrei la forfecare, adică:

$$R_{f,p} = R_{f,piet}. \quad (7.6)$$

Calculul se face la secțiunea reală a pietrei (secțiunea netă a zidăriei, fără rosturile verticale).

7.2.2.4. Rezistența de rupere la compresiune locală a zidăriei. În cazul compresiunii locale, eforturile acționează numai asupra unei părți a secțiunii, restul secțiunii nefiind solicitată sau fiind supusă la eforturi mai mici (fig. 7.37); rezistența la strivire sau compresiune locală este mai ridicată decât în cazul unei compresiuni uniforme, deformațiile transversale ale părții solicitate fiind împiedicate de restul secțiunii. Când numai o parte a secțiunii este solicitată, se poate aplica formula lui Bauschinger:

$$R_s = R_z \sqrt[3]{\frac{A_c}{A_s}} \leq \psi R_z \leq 2 R_z, \quad (7.7)$$

unde R_z este rezistența de rupere a zidăriei la compresiune uniformă pe întreaga secțiune, iar ψ — coeficient care depinde de tipul zidăriei și al solicitării.

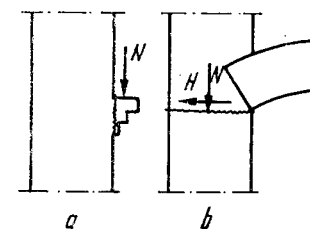


Fig. 7.35. Forfecarea zidăriei: a - la o consolă; b - la nașterea unui arc.

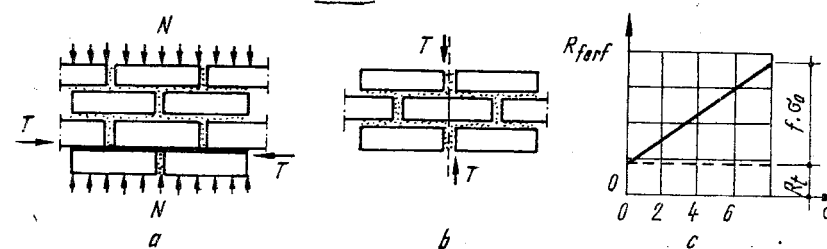
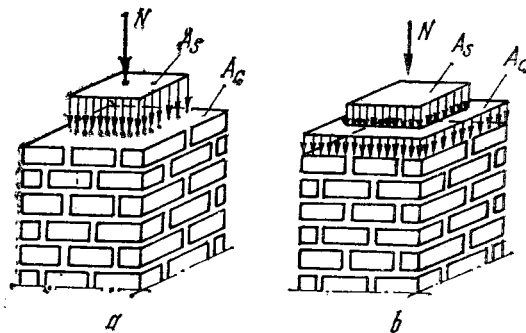


Fig. 7.36. Forfecarea zidăriei:

a - după secțiuni nelegate; b - după secțiuni legate; c - variația rezistenței la forfecare a zidăriei.

Fig. 7.37. Compresiunea locală a zidăriei:
a — cu încărcare pe o anumită zonă a zidăriei; b — cu încărcare neuniformă, o parte a secțiunii fiind supusă unor eforturi mai mari.



7.2.3. PROPRIETĂȚILE DE DEFORMARE ALE ZIDĂRIEI

7.2.3.1. **Modulul de elasticitate.** Ca și celelalte proprietăți ale zidăriei considerată ca un material compus, proprietățile sale de deformare: modulul de elasticitate, curba caracteristică $\sigma - \varepsilon$, curgerea lentă, ductilitatea, contracția, variațiile dimensionale etc. sînt determinate de aceiași factori și în special, de proprietățile pietrei și mortarului. Ținînd seama de unele ipoteze simplificatoare, valoarea modulului de elasticitate se poate stabili cu o relație de formă similară cu ecuația H a n s e n pentru materiale compuse, alcătuite din două elemente, utilizată pentru betoane și mortare:

$$E_z = \frac{1}{\frac{1-\delta}{E_m} + \frac{\delta}{E_p}}, \text{ cu } E_m < E_p, \quad (7.8)$$

unde:

$$\delta = \frac{h_p}{h_p + h_m} = \frac{p}{p + r};$$

h_p ; h_m este înălțimea rîndurilor de piatră, respectiv de mortar,
 p ; r — înălțimea pietrelor de zidărie, respectiv a rosturilor de mortar;
 E_m ; E_p — modulul de elasticitate al mortarului, respectiv al pietrei.

Practic, modulul inițial de elasticitate, E_0 se exprimă în funcție de rezistența de rupere la compresiune a zidăriei, R_z și de caracteristica de elasticitate a zidăriei, α , adimensională, care depinde de tipul mortarului și zidăriei avînd valorile 700...2 000.

Curbele caracteristice ale zidăriei sînt mult diferite, în funcție de marca zidăriei, a pietrei și mortarului. Zidăriile obișnuite se pot considera, în general, ca un material elasto-plastic cu o curbă caracteristică curbilinie, în funcție în primul rînd de curba caracteristică $\sigma - \varepsilon$ a mortarului, care este tot curbilinie.

Deformația zidăriei de cărămidă se datorește în cea mai mare măsură deformărilor rosturilor orizontale de zidărie și se compune (în vecinătatea eforturilor unitare apropiate de rezistențele la rupere), din deformația cărămizii (circa 10%) și din deformația mortarului (circa 90%), cu toate că 85% din volumul zidăriei este ocupat de cărămizi. Deformația totală este compusă din două părți: una

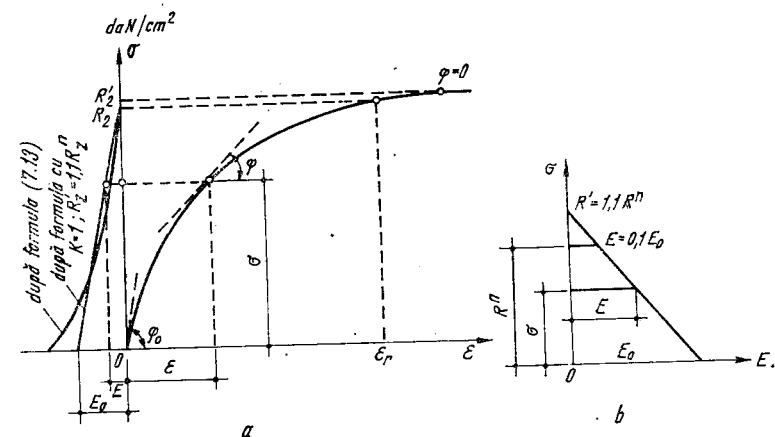


Fig. 7.38. Variația modulului de elasticitate a zidăriei:
a — pentru zidării, în general; b — pentru zidăria de cărămidă.

elastică, ε_0 , care dispare după îndepărtarea acțiunii exterioare și una plastică, ε_p , care rămîne după îndepărtarea acțiunii:

$$\varepsilon = \varepsilon_0 + \varepsilon_p. \quad (7.9)$$

Modulul tangențial de elasticitate, corespunzător fiecărui efort unitar, se exprimă aproximativ prin tangenta unghiului φ , care este o mărime variabilă, cu relația:

$$E_t = \operatorname{tg} \varphi = \frac{d\sigma}{d\varepsilon}, [\text{daN/cm}^2]. \quad (7.10)$$

Deci, modulul tangențial de elasticitate este în funcție de valoarea efortului unitar, σ și se poate considera legea de variație propusă de Oniscik (fig. 7.38) $R'_z = R'_2$; $R_z = R_2$:

$$E = E_t = E_0 \left[1 - \left(\frac{\sigma}{R'_z} \right)^K \right], [\text{daN/cm}^2]. \quad (7.11)$$

Pentru $\sigma = R'_z$, $E = 0$, adică are loc curgerea lentă, cînd deformațiile cresc fără o mărire a efortului, iar zidăria capătă însușirile unui material plastic. Modulul tangențial de elasticitate variază cu natura materialului.

Plastifierea nu poate fi obținută în zidării solicitate în condiții normale chiar la rupere, cînd $\sigma = R_z$. Deci $R'_z > R_z$ reprezintă niște eforturi convenționale pentru care $E = 0$, analoage cu eforturile corespunzătoare limitei de curgere pentru oțel. Prin numeroase încercări s-a stabilit că $R'_z = 1,1 R_z$ pentru zidăria din produse ceramice, pietre naturale etc. ca și pentru blocurile de zidărie nevrătată. Blocurile din zidărie vrătată de cărămidă au o curbă caracteristică apropiată de o linie dreaptă, care poate fi apreciată prin înlocuirea coeficientului 1,1 cu valoarea 2,5...3. Exponentul K depinde de natura zidăriei, de tipul pietrelor și de mortarul folosit în zidărie.

Din formulele (7.10) și (7.11) rezultă deformația specifică :

$$\varepsilon = \frac{1}{E_0} \int \frac{d\sigma}{1 - \left(\frac{\sigma}{R'_z} \right)^K} \quad (7.12)$$

și

$$E = \frac{d\sigma}{d\varepsilon} = E_0 \left[1 - \left(\frac{\sigma}{R'_z} \right)^K \right], \quad [\text{daN/cm}^2]. \quad (7.13)$$

În calculele practice se admite $K = 1$, astfel încît rezolvarea integralei este destul de simplă.

Pentru $k = 1$ și $R'_z = 1,1 R_z$, se obține prin integrare :

$$\varepsilon = -\frac{1,1 R_z}{E} \ln \left(1 - \frac{\sigma}{1,1 R_z} \right). \quad (7.14)$$

7.2.3.2. Deformațiile zidăriei la încărcări repetate. Cînd zidăria se încarcă cu eforturi unitare $\sigma_A < R_z$ (fig. 7.39, a) și se descarcă apoi complet, rămîne o deformație permanentă ε_p . La încărcări și descărcări repetate se constată creșterea valorii deformației specifice plastice ε_p . Cînd $\sigma_A < \sigma_{fis}$, creșterea deformațiilor permanente încetează în scurt timp, chiar dacă numărul repetărilor sporște. Tangenta unghiului de înclinare a curbei de încărcare, φ , determină modulul de elasticitate la încărcări repetate, E_r , fiind în acest caz foarte apropiat în E , adică $E_r \approx E$ (cînd $\sigma_A < \sigma_{fis}$). Deformațiile elastice ale zidăriei urmează legea lui Hooke și rezultă :

$$E_e = E_r = E_0. \quad (7.15)$$

7.2.3.3. Deformații sub încărcări de durată. Cînd zidăria este încărcată cu un efort constant de durată la compresiune σ_c , fără variații, creșterea deformațiilor continuă, chiar dacă eforturile nu cresc, avînd loc fenomenul de *curgere lentă* a zidăriei, adică creșterea deformațiilor zidăriei în timp, pentru o valoare constantă a eforturilor. Zidăria capătă deformații de curgere, ε_c , diferite, după cum $\sigma_c < \sigma_{fis}$ sau $\sigma_c = (0,8 \dots 0,9) R_z$ (fig. 7.39, b); deformațiile principale de curgere a zidăriei se dezvoltă în perioada inițială, după încărcare, în ambele cazuri. În figura 7.39, b, $\sigma_c = \sigma_{dur}$ adică egală cu rezistența de rupere la compresiune a zidăriei sub o încărcare de durată.

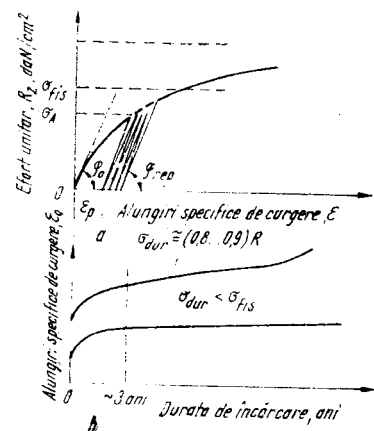


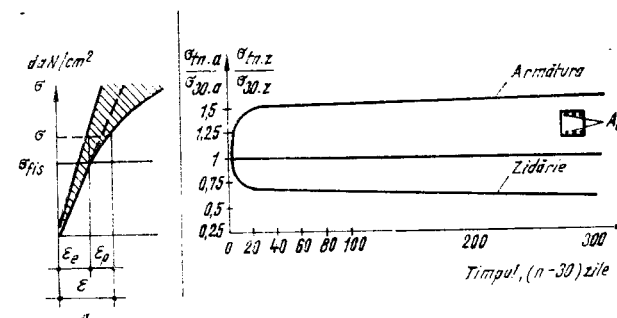
Fig. 7.39. Deformațiile zidăriei :
a - la încărcări repetate; b - la încărcări constante de durată.

Cînd $\sigma_c < \sigma_{fis}$, deformațiile de curgere cresc inițial, apoi mai încet în perioada următoare și încetează complet după 3...5 ani. În acest caz, deformațiile plastice ale zidăriei sînt determinate numai de curgerea lentă a zidăriei și rezultă :

$$\varepsilon_p = \varepsilon_c = A \sigma, \quad (7.16)$$

Fig. 7.40. Deformațiile zidăriei și redistribuirea eforturilor :

a - deformații elastice și plastice ale zidăriei în funcție de eforturi; b - redistribuirea eforturilor între armătură și zidărie pentru un stîlp cu armare longitudinală; $\sigma_{30,a}$ și $\sigma_{30,z}$ - eforturile în armătură și zidărie, în momentul încărcării stîlpului în vîrstă de 30 zile; $\sigma_{fn,a}$, $\sigma_{fn,z}$ - eforturile în armătură și zidărie la (n-30) zile.



unde A este un coeficient a cărui valoare depinde de vîrsta zidăriei, de durata de încărcare, de natura materialelor zidăriei etc.

Cînd $\sigma_c > \sigma_{fis}$ are loc o modificare a structurii zidăriei, creșterea deformațiilor plastice depășește creșterea eforturilor, cu atît mai mult cu cît efortul de compresiune este mai mare decît efortul de fisurare. Începe curgerea neliniară, iar alura diagramei deformații-eforturi unitare este curbilinie. Cînd $\sigma_c \approx (0,8 \dots 0,9) R_z$ deformațiile nu se amortizează în timp, ci dimpotrivă deformațiile de curgere lentă se adaugă deformațiilor plastice și cresc în ritm rapid pînă la distrugerea totală a zidăriei.

Curgerea lentă a zidăriei este datorată curgerii lente a mortarului și, în special, deformațiilor mari de curgere dezvoltate pe suprafețele de contact incomplete dintre mortar și piatră, unde se produc concentrări de eforturi. Deformațiile de curgere a zidăriei vibrată de cărămidă sînt mai reduse decît ale zidăriei obișnuite de cărămidă nevrătată, pentru același efort unitar. Deformațiile de curgere lentă sînt de 1,2...1,8 ori sau de 1,2...3 ori mai mari decît deformațiile elastice pentru zidăria de cărămidă, respectiv din blocuri de beton.

7.2.3.4. Redistribuirea eforturilor sub încărcări de durată. În unele cazuri, încărcarea de durată mărește rezistența zidăriei, deformațiile de curgere lentă influențînd favorabil comportarea zidăriei. Cînd zidăria conlucrează cu materiale care nu prezintă proprietăți de curgere lentă sub eforturi normale de exploatare (de exemplu, oțelul la temperatură normală) sau au deformații reduse de curgere, atunci curgerea lentă a zidăriei influențează defavorabil rezistența ansamblului zidăriei. Acesta este cazul zidăriei aparente executată cu placaj ceramic în L, care se deformează mai puțin, lipsind rosturile de mortar, iar rezemarea făcîndu-se piatră pe piatră. Odată cu dezvoltarea deformațiilor de curgere a zidăriei pline de rezistență din perete, are loc redistribuirea eforturilor cînd materialul cu curgere pronunțată se descarcă (zidăria plină, de rezistență) și se supraîncarcă materialele rigide cu curgere redusă (placajul în L). Cînd rezistența de rupere a materialelor supraîncărcate este depășită, poate avea loc degradarea construcției (de exemplu, a placajului în L). În figura 7.40 este arătată redistribuirea eforturilor în armătura și zidăria unui stîlp cu armare longitudinală, de unde rezultă modul de descărcare a zidăriei și de supraîncărcare a armăturii.

7.2.3.5. Deformații de contracție. Produsele silico-calcare și din beton au contracții mai mari decît produsele ceramice, mai ales la vîrsta tînă. Zidăriile cu mortar de ciment au cele mai mari contracții, iar cele cu mortar de var cele mai mici. Zidăriile din pietre ceramice cu mortar de var sau mixt au deformații de contracție care reprezintă aproximativ 1/10 din deformațiile de curgere.

7.2.4. FLAMBAJUL ELEMENTELOR DE ZIDĂRIE SUPUSE LA COMPRESIUNE CENTRICĂ

Cu toate că zidăriile obișnuite nu se comportă după legea lui Hooke, totuși tensiunile critice ale pereților și stîlpilor din cărămidă pot fi calculate îndeajuns de precis folosind teoriile uzuale din rezistența materialelor și considerînd că sînt cunoscute cu suficientă exactitate: variația descrescătoare a modului de elasticitate odată cu creșterea tensiunilor, rezistența de rupere la compresie a zidăriei și excentricitățile încărcărilor. Se folosește, de obicei, metoda coeficientului de flambaj φ , definit în rezistența materialelor prin expresia:

$$\varphi = \frac{\sigma_{af}}{\sigma_{ac}} \leq 1, \quad (7.17)$$

unde σ_{af} și σ_{ac} sînt rezistențele admisibile la flambaj și respectiv la compresie a materialului, cu mențiunea că σ_{af} nu este o valoare constantă, ci este în funcție de coeficientul de zveltețe λ . Totodată:

$$\sigma_{ac} = \sigma_a = \frac{\sigma_c}{c}, \quad (7.18)$$

unde σ_c este limita de curgere a materialului, corespunzătoare cu R'_z , ca limită convențională de curgere a zidăriei, pentru un material elasto-plastic.

Coeficientul de flambaj al zidăriei se poate exprima prin relația:

$$\varphi = \frac{\sigma_{cr}}{R'_z} = \frac{\sigma_f}{R'_z}, \quad (7.19)$$

unde $\sigma_{cr} = \sigma_f$ este efortul unitar critic (la flambaj) al zidăriei cu modul de elasticitate variabil, care se poate calcula cu ajutorul formulei lui Euler, stabilită în domeniul elastic pentru elemente comprimate centric, dublu articulate:

$$\sigma_f = \sigma_{cr} = \frac{\pi^2 EI}{Al_f^2}. \quad (7.20)$$

Pentru efortul critic σ_f^0 și un modul constant de elasticitate E_0 , rezultă:

$$\sigma_f^0 = \sigma_{cr}^0 = \frac{\pi^2 E_0 I}{Al_f^2} = \pi^2 E_0 \left(\frac{i}{l_f} \right)^2 = \frac{\pi^2}{\lambda^2} E_0. \quad (7.21)$$

În acest caz, coeficientul de flambaj pentru efortul unitar critic σ_f^0 devine:

$$\varphi_0 = \frac{\sigma_f^0}{R'_z} = \frac{\pi^2 E_0}{\lambda R'_z}. \quad (7.22)$$

Efortul unitar critic oarecare, σ_f sau σ_{cr} se poate obține, pentru a ține seamă de deformările plastice ale zidăriei, înlocuind pe E_0 cu $E_{variabil}$ (în relația 7.11, $k = 1$) și folosind ecuația (7.21):

$$\sigma_{cr} = \sigma_f = \pi^2 E \left(\frac{i}{l_f} \right)^2 = \pi^2 E_0 \left(1 - \frac{\sigma_f}{R'_z} \right) \left(\frac{i}{l_f} \right)^2 = \sigma_f^0 \left(1 - \frac{\sigma_f}{R'_z} \right). \quad (7.23)$$

Desfăcînd parantezele și efectuînd transformările se obține:

$$\sigma_f = \frac{\sigma_f^0}{1 + \frac{\sigma_f^0}{R'_z}}, \quad (7.24)$$

iar împărțind ambii membri ai ecuației cu R'_z și ținînd seama de (7.22) se ajunge la:

$$\varphi = \frac{\varphi_0}{1 + \varphi_0}. \quad (7.25)$$

Pentru zidărie de cărămidă cu $R'_z = 1,1 R_z$ și folosind relațiile (7.21), (7.22) și $E_0 = \alpha R_z$, se poate scrie:

$$\varphi_0 = \frac{\pi^2}{1,1} \alpha \left(\frac{i}{l_f} \right)^2 = 9 \left(\sqrt{\alpha} \frac{i}{l_f} \right)^2. \quad (7.26)$$

Rezultă că coeficientul de flambaj depinde de zveltețea sau subțirimea elementului de zidărie, ca și de caracteristica de elasticitate a zidăriei α . Cunoșcînd pe φ_0 se poate găsi φ pe baza relației (7.25); în prescripții sînt date valorile lui φ în funcție de caracteristica de elasticitate α și de gradul de zveltețe l_f/a care variază între 3 și 36 sau în funcție de coeficientul de zveltețe $\lambda = l_f/i$, care variază între 10,5 și 125. Astfel, flambajul elementelor de zidărie este influențat de condițiile de rezemare la capete și de caracteristicile geometrice ($i = \sqrt{I/A}$) ale elementului de zidărie.

În cazul stîlpilor, gradul de zveltețe este dat de cea mai mare dintre valorile l_f/a sau l_f/b (fig. 7.41).

Lungimea de flambaj se stabilește considerînd, în general, că reazemele stîlpilor și zidurilor sînt planșeele și grinzile și se determină în funcție de rigiditatea capătului superior al zidăriei astfel:

pentru capătul superior fix: $l_f = h$;

pentru capătul superior deplasabil:

— la construcțiile cu o singură deschidere: $l_f = 1,5 h$;

— la construcțiile cu mai multe deschideri: $l_f = 1,25 h$;

pentru capătul superior liber (nelegat de planșee sau de alte elemente orizontale): $l_f = 2 h$, unde h este distanța dintre planșee sau alte reazeme orizontale;

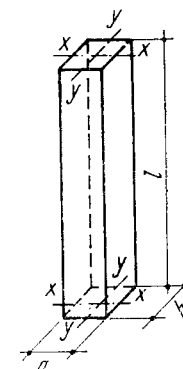


Fig. 7.41. Schema geometrică a unui stîlp din zidărie.

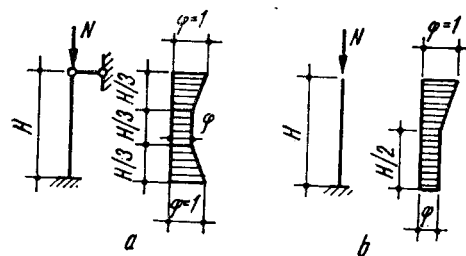


Fig. 7.42. Variația coeficientului de flambaj pe înălțimea elementului de zidărie, cu rezemări diferite la capătul superior:

a - capăt superior fix; b - capăt superior liber (deplasabil).

pentru zidurile fixate pe contur și când lungimea zidului $l \leq 2h$ se recomandă a se ține seama de sporirea stabilității reducând lungimea de flambaj cu ajutorul formulei:

$$l_f = \frac{l}{1 + \frac{h}{l}} \quad (7.27)$$

Există stâlpi a căror legătură la capătul superior poate fi diferită după cele două direcții; în acest caz, lungimea de flambaj trebuie să se aprecieze pentru fiecare direcție, în funcție de natura legăturii (fig. 7.41). În cazul plinurilor (pilaștrilor) dintre ferestre și uși, lungimea de flambaj se ia egală cu înălțimea zidului la etajul respectiv.

Prezența golurilor în zidării influențează stabilitatea acestora. De aceea, în acest caz, se limitează slăbirea zidurilor prin goluri atât în secțiunea orizontală, cât și în cea verticală, iar eforturile unitare în zidul considerat și în zidurile legate de acesta, nu trebuie să difere între ele cu mai mult de 50%, pentru a evita mișcări diferențiate accentuate.

Pentru elementele de zidărie cu secțiuni transversale slăbite și la care slăbirea depășește 1/3 din grosime și 1/10 din înălțime și se găsește în porțiunea celor două sferturi de la mijlocul înălțimii, când elementul are capătul superior fix sau în jumătatea inferioară, când elementul are capătul superior liber (deplasabil), coeficientul de flambaj se determină pentru secțiunea cea mai slăbită, în vederea asigurării stabilității.

Pericolul de pierdere a stabilității elementelor de zidărie variază pe înălțimea elementului și de aceea coeficientul de flambaj φ se ia constant pentru treimea mijlocie și variază liniar până la $\varphi = 1$ pentru secțiunile din treimile extreme, când elementul are capătul superior fix (fig. 7.42). În cazul zidurilor și stâlpilor cu capătul superior liber (deplasabil), coeficientul de flambaj se ia constant în jumătatea inferioară a înălțimii elementului și variabil liniar până la $\varphi = 1$ pentru jumătatea superioară (fig. 7.42, b).

7.2.5. ALTE PROPRIETĂȚI ALE ELEMENTELOR DE ZIDĂRIE

Verificarea stabilității la alunecare a construcțiilor de zidărie se face folosind coeficienții de frecare, care capătă valori diferite după natura și starea suprafeței de frecare; umedă $f = 0,45 \dots 0,70$ sau uscată $f = 0,30 \dots 0,60$.

Comportarea fizico-mecanică a elementelor de zidărie este influențată, pe lângă caracteristicile lor mecanice de rezistență, de variațiile dimensionale ale elementelor de zidărie sub acțiunea încărcărilor, a temperaturii și a absorbției sau pierderii de umiditate.

Deplasările (variațiile dimensionale) datorită încărcărilor se produc din deformații elastice sau instantanee și din deformații în timp, de curgere lentă. Deformațiile elastice, instantanee sînt în funcție de E și μ , relația $\sigma - \varepsilon$ fiind neliniară, iar E variind cu efortul unitar. Curgerea lentă este importantă pentru variațiile dimensionale de lungă durată și pentru determinarea tensiunilor în materialele compuse cu proprietăți diferite de curgere lentă. La încărcarea zidăriei se produce deformația instantanee, urmată de curgerea lentă progresivă, al cărei ritm de creștere se micșorează, curgerea lentă încetînd după o perioadă de timp, diferită după tipul materialului și al pietrei de zidărie folosite (pentru cărămizi de marcă 98,5 daN/cm²; curgerea lentă încetează la 40 zile pentru mortarul 1 : 1/4 : 3 și la aproximativ 4 luni pentru mortarul 1 : 1 : 6). Marca mortarului este un factor important pentru curgerea lentă a zidăriei; deformațiile maxime de curgere lentă sînt de 2...3 ori mai mari în cazul mortarului 1 : 1 : 6 față de zidăria, cu aceeași piatră, dar cu mortar 1 : 1/4 : 3. Deformația totală, inclusiv deformația din curgere lentă, este cu 20...40% mai mare decît deformația instantanee a zidăriei cu mortar 1 : 1/4 : 3 și cu 50...80% mai mare pentru zidăria cu mortar 1 : 1 : 6.

Variațiile dimensionale ale zidăriei datorită umidității provin din variațiile pietrelor de zidărie și ale mortarului și au ca efect dilatarea zidăriei sensibilă la variațiile temperaturii exterioare și a umidității relative; ritmul de dilatare crește destul de perceptibil odată cu creșterea umidității relative. Variațiile dimensionale din umiditate sînt strîns legate de dilatarea termică și de contracție și în condiții obișnuite de exploatare este imposibil a le separa. Efectul global al umidității este o dilatare treptată a zidăriei a cărei mărime poate fi deosebit de importantă pentru deformațiile de lungă durată, adesea depășind deformațiile din curgere lentă. Astfel, este posibil a se produce o dilatare totală sub încărcarea de durată la compresiune cu o deformație ultimă totală mai mică decît deformația instantanee la compresiune.

Coeficienții de dilatare liniară a zidăriilor pentru calculul deformațiilor datorite diferențelor de temperatură sînt puțin diferiți, în funcție de natura zidăriei. Acești coeficienți se iau $(0,5 \dots 1) \times 10^{-5}$ pentru 1°C diferență de temperatură în direcție orizontală și pot ajunge pe verticală pînă la 1,5 ori această valoare. Mișcările verticale din temperatură ale pereților sînt în general reversibile, în timp ce mișcările orizontale pot fi reversibile numai dacă peretele nu fisurează sub acțiunea contracției și dilatării.

De aceea, în pereții mai lungi de 15 m, se recomandă rosturi de dilatație și contracție care se umplu cu materiale expandate, celulare, de ductilitate, mare și rigiditate mică (cauciuc, poliuretan, polietilene etc.). Etanșarea rosturilor, care a constituit întotdeauna o problemă, a progresat în mod deosebit în ultimul timp, prin folosirea cordoanelor de polisulfid, a altor materiale plastice și a unor alcătuiuri constructive adecvate. Se remarcă că distanțele dintre rosturi trebuie considerate pentru fiecare clădire în parte. Ca o indicație aproximativă, în unele prescripții, se recomandă rosturi de dilatare pentru pereții lungi, la circa 12 m.

Din cuprinsul capitolului 7 se poate deduce că este interesantă și clasificarea zidăriilor după modul de comportare sub încărcări, care ține seama în același timp de natura materialului, structura, dimensiunile și în special de înălțimea pietrelor de zidărie, ca și de modul de execuție a acestora; valorile proprietăților de rezistență și de deformare (E , α , μ etc.) ale zidăriilor cuprinse în prescripțiile tehnice sînt grupate pe baza acestei clasificări. Din acest punct de vedere, zidăriile se pot clasifica în:

— zidărie obișnuită din cărămizi de toate tipurile cu înălțimi cuprinse între 50 și 150 mm, inclusiv produsele cu găuri verticale, cu diametrul găurilor < 12 mm sau din piatră naturală de formă regulată cu aceeași înălțime a pietrei 50... 150 mm; blocuri mici pline din beton sau piatră naturală de formă regulată cu înălțimea de 180...300 mm; blocuri mici cu goluri, cu înălțimea de 180... 300 mm; blocuri mari cu înălțimea blocului mai mare de 500 mm, din beton, produse ceramice, piatră naturală etc.;

— zidărie vibrată din cărămizi și blocuri ceramice, din blocuri de beton sau din piatră naturală, sub formă de blocuri sau panouri mari;

— zidării combinate sub formă de zidărie mixtă, zidărie armată sau zidărie complexă.

Capitolul 8

CALCULUL SECȚIUNILOR ELEMENTELOR DE ZIDĂRIE

8.1. PRINCIPII FUNDAMENTALE ȘI CARACTERISTICI DE CALCUL

8.1.1. GENERALITĂȚI

În cadrul acestui capitol se tratează principiile și metodele de calcul pentru secțiunile elementelor de zidărie simplă și armată, exploatate în regim normal de temperatură și cu largă utilizare în prezent, sintetizate în STAS 10 104/75 *Construcții de zidărie, principii și metode de calcul*. Nu sînt cuprinse elemente de calcul pentru anumite categorii de construcții (poduri, construcții hidrotehnice, arce, șemineuri, coșuri de fum industriale etc.) sau pentru anumite situații speciale (construcții amplasate pe terenuri macroporice sensibile la umiditate, construcții situate în zone seismice, construcții executate pe timp friguros etc.). Calculul secțiunilor de zidărie se face prin metoda stărilor limită, pe baza principiilor generale de verificare a siguranței construcțiilor din STAS 10 100/0-75 și se aplică zidărilor executate cu respectarea condițiilor de alcătuire constructivă din capitolul 7. Elementele de zidărie se dimensionează pe baza cerințelor arhitecturale, de durabilitate, de izolare termică, fonică și hidrofugă atunci cînd acestea impun alegerea dimensiunilor și cînd din calculul secțiunilor privind siguranța structurii ar rezulta dimensiuni mai mici. Se recomandă a se indica în proiectele construcțiilor tipul și caracteristicile materialelor folosite pentru executarea zidărilor.

8.1.2. PRINCIPII FUNDAMENTALE DE CALCUL. CARACTERISTICI DE CALCUL

Calculul elementelor de construcții din zidărie se face pe baza principiilor generale de verificare a siguranței construcțiilor, pentru următoarele stări limită:

— stări limită ultime de rezistență și stabilitate (pierderea poziției sau a formei);

— stări limită ale exploatării normale la apariția sau deschiderea fisurilor și la deformare.

Calculul la starea limită de rezistență (a capacității portante) și la apariția sau deschiderea fisurilor se face la acțiunea încărcărilor de calcul.

Valorile încărcărilor normate, ale coeficienților pentru încărcări și grupările de încărcări se stabilesc după indicațiile cuprinse în standardele de acțiuni în construcții (v. capitolul 3).

Determinarea solicitărilor în elementele de zidărie se efectuează în stadiul elastic, admitîndu-se, în cazul structurilor static nedeterminate, să se țină seama de redistribuirea solicitărilor în urma deformărilor plastice.

Prescripțiile tehnice (STAS 10 104-75) cuprind valori pentru caracteristicile de calcul ale zidăriei, cum sînt: rezistențele de calcul pentru diferite tipuri de zidării și solicitări, în funcție de natura și marca materialelor componente ale zidăriei; coeficienții condițiilor de lucru ai elementelor; modulul de elasticitate al zidăriei și caracteristica de elasticitate; coeficienții de dilatare liniară și coeficienții de frecare pentru verificarea stabilității la alunecare a construcțiilor de zidărie pe suprafețe uscate, $f = 0,4 \dots 0,7$ și umede, $f = 0,3 \dots 0,6$.

Valoarea modulului de elasticitate al zidăriei E se exprimă în funcție de caracteristica de elasticitate α , dată în tabelul 8.1, astfel:

$E = 0,8 \alpha R^n$, pentru calculul deformațiilor la sistemele static nedeterminate sub influența încărcărilor de exploatare;

$E = 0,5 \alpha R^n$, pentru calculul zidăriei la starea limită a capacității portante;

$E = \alpha R^n = E_0$, pentru calculul zidăriei la încărcări repetate și pentru stabilitatea perioadei proprii de vibrație.

În STAS 10 104-75 sînt date expresii în funcție de rezistența de calcul R , nu față de cea de rupere (normată) R^n .

8.2. CALCULUL SECȚIUNILOR DE ZIDĂRIE SIMPLĂ (NEARMATĂ)

8.2.1. CALCULUL LA STAREA LIMITĂ ULTIMĂ DE REZISTENȚĂ

8.2.1.1. Calculul secțiunilor de zidărie la compresiune centrică. În cazul solicitării de compresiune centrică, la verificarea secțiunilor trebuie să fie satisfăcută relația:

$$nN^n = N \leq \varphi RA, [\text{daN}] \quad (8.1)$$

unde: N^n este încărcarea normată, în daN;

n — coeficientul încărcării;

Tabelul 8.1.

Natura materialelor de zidărie	Valoarea coeficientului α , pentru mortare de marca:	
	100 și 50	25 și 10
Cărămizi pline, blocuri de beton cu agregate ușoare ($\gamma < 1800 \text{ daN/m}^3$)	1 000	750
Cărămizi cu găuri verticale	2 000	1 500
Cărămizi cu găuri orizontale	1 500	1 000
Blocuri de beton greu	2 000	1 000
Blocuri din beton celular autoclavizat	—	700

φ este coeficientul de flambaj;
 R — rezistența de calcul a zidăriei la compresiune centrică, în daN/cm²;
 A — suprafața secțiunii transversale a elementului de zidărie solicitat centric, în cm².

În practică, elementele de zidărie nu se calculează la compresiune centrică, deoarece în realitate transmiterea încărcărilor gravitaționale verticale la elementele de zidărie este afectată de excentricitate datorită modului de rezemare a planșelor, abaterilor de execuție etc., astfel încât se face verificarea la compresiune excentrică pentru o excentricitate adițională e_a , egală cu cea mai mare dintre valorile:

2 cm;
 1/30 din înălțimea secțiunii, în planul de încovoiere considerat cel mai defavorabil.

8.2.1.2. Calculul secțiunilor de zidărie la compresiune excentrică.

8.2.1.2.1. *Fenomenul compresiunii excentrice.* Este solicitarea de o complexitate deosebită, cea mai răspândită în elementele portante de zidărie (pereți exteriori și interiori, de calcan, cupole etc.); practic pentru calcule se folosesc formule empirice. Distribuția tensiunilor pe secțiunea transversală variază în funcție de mărimea excentricității e_0 , distingându-se trei zone caracteristice (fig. 8.1.), diferite de cele cunoscute de la rezistența materialelor, din cauza comportării elasto-plastice a zidăriei.

Prima zonă este cea a excentricităților mici cu $0 < e_0 < 0,45 y$, unde y este distanța de la marginea cea mai solicitată până la centrul geometric al secțiunii. În acest caz, întreaga secțiune este comprimată, iar neuniformitatea eforturilor unitare depinde de poziția forței în limitele zonei simbului central (fig. 8.1, a și b). Când efortul se aplică la limita zonei excentricităților mici, în secțiune se dezvoltă tensiuni de compresiune, după o distribuție curbilinie (fig. 8.1, c) fiind nule la marginea cea mai depărtată de forță.

Zona a doua corespunde excentricităților medii, cu $0,45 y \leq e_0 < e_{lim}$, unde e_{lim} este excentricitatea limită care separă zona a doua de a treia. În acest caz, marginea secțiunii cea mai depărtată de forță este întinsă (fig. 8.1, d). Valoarea e_{lim} este diferită după tipul zidăriei.

Zona a treia, cea a excentricităților mari, cu $e_{lim} \leq e_0 < 0,9 y$ apare când $\sigma_+ > R_t^*$; rosturile în zona întinsă a zidăriei se desfac, deschiderea rosturilor devine însemnată și este necesară o verificare specială la fisurare. Efortul este suportat numai de zona comprimată a secțiunii a cărei înălțime $h' = \gamma h$, coeficientul de reducere γ fiind determinat din expresia:

$$\gamma = 2 \left(1 - \frac{e_0}{y} \right). \quad (8.2)$$

Experiențele arată o diferență în comportarea reală a zidăriei sub încărcări excentrice față de teoria rezistenței

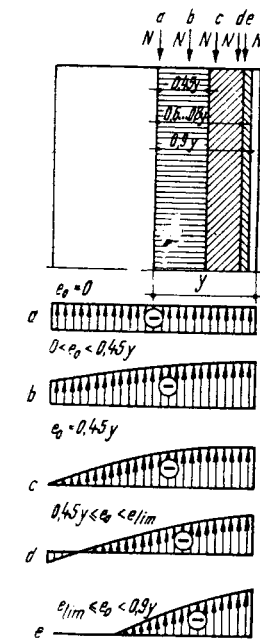


Fig. 8.1. Diagramele de tensiuni (eforturi unitare), în funcție de mărimea excentricității, e_0 :
 a — încărcarea acționează centric; b — încărcarea acționează în zona excentricităților mici; c — încărcarea acționează la limita de separație între zonele excentricităților mici și medii; d — încărcarea acționează în zona excentricităților medii; e — încărcarea acționează în zona excentricităților mari.

materialelor, iar diferența dintre valorile calculate cu formulele din rezistența materialelor și cele determinate experimental sporește odată cu creșterea excentricității e_0 , de la 130 % pentru $e_0/h = 1/12$ până la 1000 % pentru $e_0/h = 1/3$ (tab. 8.2.). Rezultă că:

— secțiunea de zidărie nu se rupe la atingerea eforturilor unitare de întindere $\sigma_+ \geq R_t^*$, iar rezistența zidăriei solicitată la compresiune excentrică este determinată de rezistența zonei comprimate și nu de rezistența la întindere a zonei întinse;

— distribuția eforturilor unitare în secțiune nu este liniară, ci curbilinie, din cauza deformațiilor plastice ale zidăriei (fig. 8.2), iar suprafața diagramei reale, curbilinie, a tensiunilor este mai mare decât în cazul distribuției triunghiulare (fig. 8.3); în calcule se consideră, după Pasternak, o distribuție dreptunghiulară;

— alungirile specifice la rupere ε_r pentru compresiune excentrică sînt mai mari decât în cazul compresiunii centrice; diferența între deformațiile specifice sporește odată cu creșterea excentricității;

— porțiunile necomprimate (neîncărcate) ale secțiunii limitează deformațiile transversale ale zonei comprimate (încărcate) și măresc astfel capacitatea portantă a elementului de zidărie comprimat excentric, rezistența de rupere la compresiune excentrică a zidăriei fiind mai mare decât rezistența de rupere la compresiune centrică ($R_{z,c,e}^* > R_{z,c}^*$).

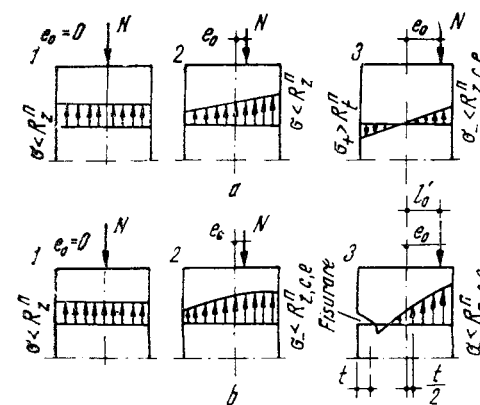


Fig. 8.2. Diagramele de distribuție a eforturilor unitare în secțiunea solicitată:

a — după formulele din rezistența materialelor considerate elastice; b — reale, în zidărie: 1 — compresiune centrică; 2 — compresiune cu excentricitate mică; 3 — compresiune cu excentricitate mare, $e_0' = e_0 - t/2$, din cauza modificării poziției centrului de greutate al secțiunii cu $t/2$.

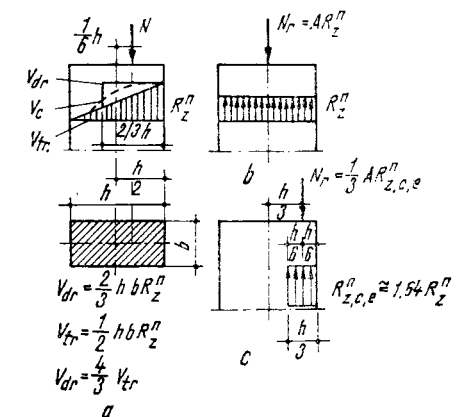


Fig. 8.3. Diagramele eforturilor unitare din compresiune excentrică:

a — diagrama volumelor epurelor cu distribuție dreptunghiulară, curbilinie (reală) și triunghiulară pentru $e_0 = h/6$, în ipoteza acelorasi eforturi unitare maxime R_z^* ; b; c — diagramele eforturilor unitare maxime extreme, determinate experimental în ipoteza distribuției dreptunghiulare maxime, pentru $e_0 = 0$ și $e_0 = h/3$.

Tabelul 8.2

Valori	$\frac{N_t}{R_{z,c}^* A}$ pentru $\frac{e_0}{a} = \frac{e_0}{h}$ egal cu;			
	$e_0 = 0$ compresiune centrică	1/12	1/6	1/3
experimentale	1	0,86	0,81	0,54
după formulele din rezistența materialelor	1	0,67	0,50	0,05
după formulele (8.5) și (8.15)	1	0,86	0,76	0,33

Astfel, în cazul compresiunii excentrice și locale, partea neîncărcată sau mai puțin încărcată a secțiunii ajută într-o oarecare măsură porțiunea încărcată din secțiune, sporind $R_{z,c,e}^n$ sau R_z^n , în comparație cu R_z^n .

În funcție de caracteristicile de deformare a diferitelor zidării, rezultă pentru fiecare tip de zidărie influența excentricității relative e_0/y asupra capacității portante. Astfel, în cazul zidăriei de cărămidă, cu un număr mare de rosturi, solicitată la compresiune excentrică, se obține o creștere mai importantă a rezistenței de rupere, datorită micșorării efortului de întindere a cărămizilor prin împiedicarea deformațiilor transversale exercitată de partea neîncărcată, decît în cazul zidăriei din blocuri mari de beton celular, cu un număr mic de rosturi, la care zona neîncărcată influențează mai puțin deformațiile transversale și deci rezistența zidăriei.

După modul de rupere în construcțiile de zidărie nearmate, comprimate excentric, se deosebesc două cazuri de calcul:

— cînd excentricitatea $e_0 \leq 0,45 y$, deci întreaga secțiune este comprimată; în acest caz în calcule se folosește S_c și S_0 , care reprezintă momentele statice ale zonei comprimate și ale întregii secțiuni de zidărie luate în raport cu fibra de zidărie întinsă sau mai puțin comprimată;

— cînd excentricitatea $e_0 > 0,45 y$, deci la compresiune lucrează numai o parte a secțiunii și valoarea excentricității se găsește de obicei în limitele $0,5 y < e_0 \leq e_{lim}$.

În ambele cazuri, secțiunea se rupe în urma atingerii rezistenței de rupere a zidăriei în zona comprimată și de aceea se poate folosi o formulă comună de calcul.

Cînd excentricitatea depășește valoarea $e_{lim} = 0,6 y$, pentru grupări fundamentale și $e_{lim} = 0,7 y$, pentru grupări speciale, trebuie să se facă și verificarea zonei întinse.

În cazul elementelor solicitate la compresiune excentrică, excentricitatea de calcul se determină sumînd excentricitatea adițională e_a la excentricitatea inițială $e_0 = M/N$.

Nu se admit pentru zidăria nearmată excentricități mai mari de $0,9 y$.

8.2.1.2.2. *Compresiune excentrică cu excentricitate mică.* În acest caz, $e_0 \leq 0,45 y = 0,225 h$, iar cedarea secțiunii începe în zona comprimată. Ipoteza stabilită de prof. A. A. Gvozdev și M. S. Borişanski, că pentru excentricități mici ($e_0 < 0,45 y$) mărimea momentului de rupere al forței normale, echilibrată de rezultanta eforturilor unitare

interioare, în raport cu fibra cea mai puțin încărcată este independentă de mărimea excentricității, a fost confirmată și prin experiențe efectuate asupra zidărilor. Deci rezultanta tensiunilor sau a eforturilor unitare la compresiune poate fi aplicată în centrul de greutate al încărcării.

Scriind echilibrul dintre momentul forțelor exterioare cu momentul tensiunilor interioare în raport cu marginea cea mai îndepărtată de forțe, deci cea mai puțin solicitată, în momentul vecin rupei, în cazul elementelor scurte, cu $\varphi = 1$ (fig. 8.4) rezultă:

$$N_r (e_0 + h - y) = A R_z^n (h - y), \quad (8.3)$$

unde R_z^n este rezistența de rupere la compresiune centrică.

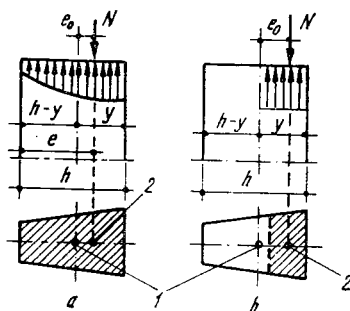


Fig. 8.4. Solicitarea unei element de zidărie la compresiune cu: a - excentricitate mică ($e_0 \leq 0,45 y$); b - excentricitate mare ($e_0 > 0,45 y$): 1 - centrul de greutate al secțiunii; 2 - punctul de aplicare al forței.

Împărțind cu $(h - y + e_0)$ se obține:

$$N_r = \frac{A R_z^n (h - y)}{(h - y + e_0)},$$

care, prin scoaterea la numitor în factor comun a expresiei $(h - y)$ și simplificarea fracției, devine:

$$N_r = c N^n = \frac{A R_z^n}{1 + \frac{e_0}{h - y}}. \quad (8.4)$$

Trecînd de la efortul de rupere la efortul de calcul și ținînd seama de flambaj, se poate scrie:

$$N = \varphi R_z A \psi = \varphi R_z A \frac{1}{1 + \frac{e_0}{h - y}}, \quad (8.5)$$

unde φ este coeficientul de flambaj, care poate fi considerat printr-un calcul simplificat același ca în cazul compresiunii centrice, fără a se ține seama de calculul de ordinul doi, întreaga secțiune fiind comprimată.

Expresia (8.5) conduce la o capacitate portantă puțin mărită pentru zidăriile din blocuri mari de beton celular, beton macroporos sau din pietre naturale. Se recomandă relația generalizată:

$$N < [N] = \varphi R A \psi, \quad (8.6)$$

unde ψ exprimă coeficientul care ține seama de influența excentricității și naturii zidăriei asupra distribuției eforturilor unitare ca formă și mărime (tab. 8.3).

Verificarea aproximativă a secțiunii se poate face, pe baza teoriei din rezistența materialelor, cu ajutorul formulei:

$$\sigma_{\pm} = N \left(\frac{1}{A} \pm \frac{6e_0}{W} \right); [\text{daN/cm}^2] \quad (8.7)$$

pentru o secțiune dreptunghiulară, fără flambaj, rezultă:

$$\sigma_{\pm} = N \left(\frac{1}{A} \pm \frac{6e_0}{Ah} \right) = \frac{N}{A} \left(1 \pm \frac{6e_0}{h} \right), [\text{daN/cm}^2] \quad (8.8)$$

8.2.1.2.3. *Compresiune excentrică cu excentricitate mare.* În cazul cînd $e_0 > 0,45 y = 0,225 h$, o parte din secțiune este întinsă, iar ruperea începe prin deschiderea fisurilor în zona întinsă și cedarea se termină prin depășirea în zona comprimată a rezistenței de rupere la compresiune. Prof. L. I. Onişcik consideră zona comprimată solicitată la *compresiune locală*, astfel că $R_{c,e}^n = R_{str}^n$, cu o distribuție dreptunghiulară a tensiunilor în secțiune. Neglijînd

Tabelul 8.3

Natura zidăriei	Coeficienții ψ pentru excentricități	
	mici, $e_0 \leq 0,45 y$	mari, $e_0 > 0,45 y$
Zidărie din cărămidă, blocuri mari de zidărie, blocuri mici ceramice și de beton, zidărie de piatră brută	$\psi = \frac{1}{1 + \frac{e_0}{h-y}}$ pentru secțiuni dreptunghiulare; $\psi = \frac{1}{1 + \frac{2e_0}{h}}$	$\psi = \sqrt[3]{\left(\frac{A_c}{A}\right)^2}$ pentru secțiuni dreptunghiulare: $\psi = \sqrt[3]{(1 - 2e_0/h)^2}$
Zidărie din blocuri mari de beton (exclusiv din beton celular și beton macroporos)	$\psi = \frac{1}{1 + \frac{e_0}{h-y}}$ pentru secțiuni dreptunghiulare: $\psi = \frac{1}{1 + \frac{2e_0}{h}}$	$\psi = 1,25 \frac{A_c}{A}$ pentru secțiuni dreptunghiulare: $\psi = 1,25 \left(1 - \frac{2e_0}{h}\right)$
Zidărie din blocuri de beton, celular, beton macroporos și din piatră naturală	$\psi = \frac{A_c}{A}$ pentru secțiuni dreptunghiulare: $\psi = 1 - \frac{2e_0}{h}$	$\psi = \frac{A_c}{A}$ pentru secțiuni dreptunghiulare: $\psi = 1 - \frac{2e_0}{h}$

zona întinsă a zidăriei, se poate scrie echilibrul forțelor exterioare verticale și eforturilor interioare pe verticală în imediata vecinătate a ruperii:

$$R_{c,e}^n = R_{str}^n = R_z^n \sqrt[3]{\frac{A}{A_{str}}} = R_z^n \sqrt[3]{\frac{A}{A_c}}, [\text{daN/cm}^2] \quad (8.9)$$

se obține:

$$N_r = R_z^n A_c \sqrt[3]{\frac{A}{A_c}} = R_z^n A \sqrt[3]{\left(\frac{A_c}{A}\right)^2}, [\text{daN}] \quad (8.10)$$

unde $A_{str} = A_c$ este zona comprimată a secțiunii, care echilibrează forța exterioară pentru o distribuție dreptunghiulară a eforturilor unitare, după Pasternak,

Trecînd la forța normală de calcul, se substituie R_z^n cu R_z și rezultă:

$$N \leq [N] = \varphi_1 R A \left(\frac{A_c}{A}\right)^2 = \varphi_1 R_z A \psi, \quad (8.11)$$

unde φ_1 este coeficientul de flambaj pentru excentricități mari, la care se ține seama de micșorarea secțiunii prin deschiderea parțială a fisurilor, considerat simplificat în calculul de ordinul întâi:

$$\varphi_1 = \frac{\varphi + \varphi_e}{2}; \quad (8.12)$$

φ — coeficientul de flambaj al întregii secțiuni;
 φ_e — coeficientul de flambaj pentru partea comprimată a secțiunii, A_c , cînd diagrama eforturilor unitare este dreptunghiulară.

Valorile coeficientului de flambaj φ_e se determină în funcție de caracteristica elastică a zidăriei α și de gradul de zveltețe, β_e sau coeficientul de zveltețe (subțirime) λ_e :

$$\beta_e = \frac{h'}{a_c}; \lambda_e = \frac{h'}{i_c} \quad (8.13)$$

unde: $h' = h/2$ cînd diagrama momentelor încovoietoare schimbă de semn pe înălțimea elementului, în cm;

$h' = h$ cînd diagrama momentelor încovoietoare este de același semn pe înălțimea elementului, în cm;

a_c — înălțimea suprafeței A_c , în cm;

i_c — raza de girație a suprafeței A_c , în cm.

Partea comprimată a secțiunii A_c se poate determina cu formulele:
 pentru secțiuni dreptunghiulare:

$$A_c = A \left(1 - 2 \frac{e_0}{h}\right);$$

pentru secțiuni în T (fig. 8.5):

— dacă excentricitatea este în zona plăcii:

$$x = \sqrt{\frac{b_1 a}{b_2} (2e_1 - a) + (e_1 - a)^2},$$

pentru $e_1 \leq a/2$, $x = e_1$;

— dacă excentricitatea este în zona nervurii:

$$x = \sqrt{\frac{b_2 b}{b_1} (2e_2 - b) + (e_2 - b)^2}.$$

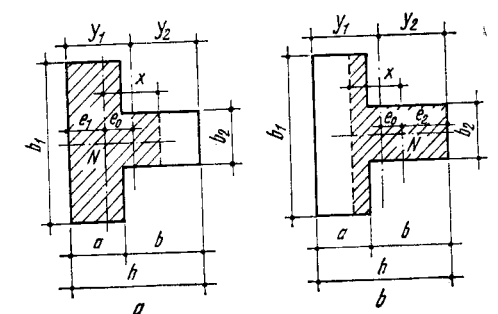


Fig. 8.5. Stabilirea suprafeței comprimate, A_c , a secțiunilor în formă de T:
 a — cînd excentricitatea este în zona plăcii; b — cînd excentricitatea este în zona nervurii.

Pentru cazul general al secțiunilor de forme neregulate, înălțimea zonei comprimate a secțiunii se poate determina din condiția anulării momentului static al diagramei eforturilor unitare față de axa care trece prin punctul de aplicație al forței.

Formulele (8.11) și (8.13) dau valori prea mari pentru panourile de zidărie vibrată, pentru zidăriile din blocuri mari de beton, beton celular sau macroporos și din pietre naturale, pentru care se poate folosi formula :

$$N \leq [N] = m_{ce} \varphi_c R A_c, \quad (8.14)$$

unde: $m_{ce} = 1,25$ pentru panouri mari de zidărie vibrată și blocuri mari de beton;

$m_{ce} = 1$ pentru zidării din blocuri mari de beton celular, beton macroporos și pietre naturale.

Simplificat formula generală pentru $e_0 > 0,45 y$ poate fi scrisă sub forma :

$$N \leq [N] = \psi \varphi_c R_z A. \quad (8.15)$$

8.2.1.3. Calculul secțiunilor de zidărie la compresiune excentrică oblică. Se folosesc formule analoage cu (8.6) și (8.15) pentru calculul prin metoda la stări limite. Aria porțiunii comprimate a secțiunii A_c , necesară stabilirii coeficientului ψ (v. tab. 8.3), în funcție de punctul de aplicație al forței, poate fi triunghiulară, trapezoidală sau poligonală. Coeficientul de flambaj se determină pentru fiecare caz în parte pe bază de indicații speciale. Fenomenul compresiunii excentrice oblice încă n-a fost suficient verificat experimental la zidărie.

8.2.1.4. Calculul secțiunilor de zidărie la compresiune locală (strivire). Solicitarea de strivire este des întâlnită în practica construcțiilor de zidărie la rezemarea grinzilor planșeelor, a fermelor, a stîlpilor de oțel sau beton armat. În metoda la stări limită se poate scrie :

$$N_{str} \leq \mu R_{str} A_{str}, \quad (8.16)$$

unde: N_{str} este valoarea încărcării locale, în daN;

R_{str} — rezistența de calcul a zidăriei la compresiune locală, în daN/cm²;

A_{str} — aria secțiunii la care se transmite încărcarea (suprafața de strivire), în cm²;

μ — coeficient de formă a diagramelor presiunilor transmise de încărcarea locală, care se ia $\mu = 1$, pentru distribuție dreptunghiulară a presiunilor și $\mu = 0,5$, pentru distribuția triunghiulară a presiunilor.

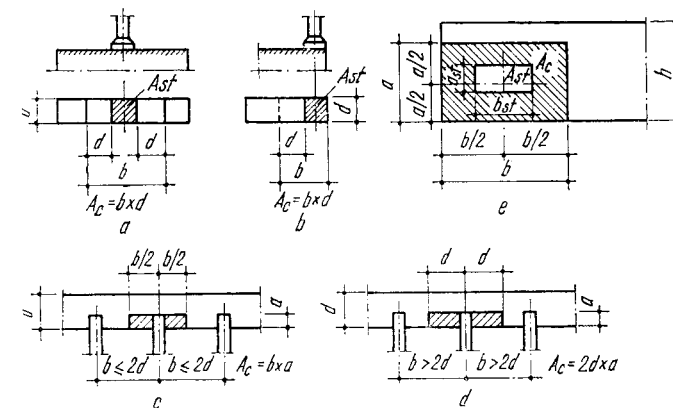
Cînd presiunile sînt uniform distribuite pe suprafața de strivire, R_{str} se calculează cu formula :

$$R_{str} = R_z \sqrt[3]{\frac{A_c}{A_{str}}} \leq 2 R_z, \quad (8.17)$$

în care A_c este suprafața convențională de calcul la strivire, calculată în funcție de locul de aplicare al încărcării (fig. 8.6).

Fig. 8.6. Stabilirea suprafețelor convenționale de calcul la strivire, A_c , pentru compresiune locală aplicată :

a — în cîmpul peretelui, pe întreaga lui lățime; b — la capătul peretelui, pe întreaga lui lățime; c — din grinzi de planșeu amplasate la $b \leq 2d$; d — din grinzi de planșeu amplasate la $b > 2d$; e — pe o porțiune din perete, la capătul lui.



La rezemarea grinzilor sau plăcilor de planșeu pe ziduri se consideră în mod simplificat că diagrama presiunilor sub extremitatea grinzii are forma unui triunghi și deci :

$$N_{str} = \frac{ab}{2} R_{str} \text{ sau } N_{str} = 0,5 R_{str} A_{str}. \quad (8.18)$$

Micșorarea presiunilor locale în zidărie se realizează cu dispozitive de repar-tizare : grinzi, plăci etc. executate din materiale mai rezistente și mai rigide decît zidăria (de obicei beton armat sau oțel), astfel că forțele sînt repartizate în zidărie uniform pe o suprafață mai mare, scăzînd rezistența efectivă la compresiune locală, sub rezistența limită de rupere la compresiune locală (strivire).

8.2.1.5. Calculul secțiunilor de zidărie la întindere centrică, forfecare și încovoiere. În cazul în care solicitarea de întindere se produce prin secțiuni legate, condiția de echilibru este :

$$N \leq [N] = R_t A, \quad (8.19)$$

unde R_t este rezistența de calcul a zidăriei la întindere axială prin secțiuni legate, în daN/cm².

În cazul solicitării de forfecare, forța tăietoare de calcul T aplicată de-a lungul rosturilor orizontale ale zidăriei nearmate (fig. 8.7) trebuie să satisfacă relația :

$$Q \leq [Q] = (R_f + f \sigma_0) A, \quad (8.20)$$

unde σ_0 este efortul unitar mediu de compresiune din secțiune, în daN/cm², pentru gruparea de încărcări care dă cea mai mică valoare a forței axiale; încărcările din greutatea proprie se înmulțesc cu un coeficient de încărcare subunitar egal cu 0,9.

Valoarea forței de forfecare de calcul după un rost nelegat este dată de formula :

$$Q \leq [Q] = A(R_f + 0,7 \sigma_0), \text{ cînd } f = 0,7. \quad (8.21)$$

Secțiunile încovoiate de zidărie, care este un material elasto-plastic, prezintă o distribuție curbilinie a

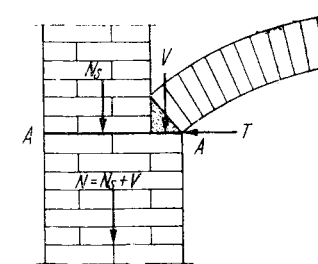


Fig. 8.7. Perete din zidărie supus la forfecare, după secțiunea A — A.

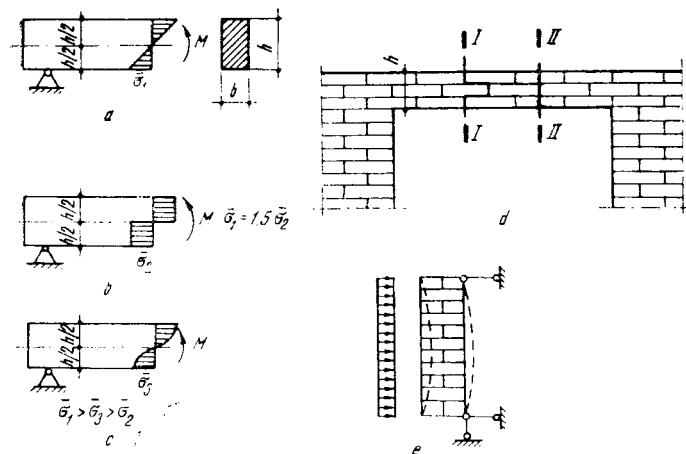


Fig. 8.8. Solicitarea zidăriei la încovoiere :

a; b; c — diagrame de eforturi unitare din încovoiere pe înălțimea secțiunii, triunghiulare, dreptunghiulare, respectiv curbilini; d; — încovoierea zidăriei după secțiuni legate (I — I) și prin rosturi și piatră (II — II); e — încovoierea zidăriei după secțiuni nelegate.

eforturilor unitare (fig. 8.8, c), iar ruperea zidăriei la încovoiere are loc în urma distrugerii zonei întinse. Se consideră că rezistența de calcul la întindere din încovoiere $R_{t,i}$ este cu 33...50 % mai mare decât rezistența la întindere axială R_t :

$$R_{t,i} = (1,33 \dots 1,5) R_t \text{ [daN/cm}^2\text{]} \quad (8.22)$$

În calculul materialelor ideal elastice $R_{t,i} = R_t$.

Momentul de calcul al zidăriei nearmate la încovoiere trebuie să satisfacă condiția :

$$M \leq [M] = R_{t,i} W \text{ [daN/cm}^2\text{]} \quad (8.23)$$

unde W este modulul de rezistență al secțiunii pentru o comportare elastică.

Ruperea zidăriei la încovoiere după secțiuni legate poate avea loc prin rosturi (secțiunea I — I, fig. 8.8, d), cât și prin piatră (secțiunea II — II). Verificarea rezistenței trebuie să se facă pentru ambele secțiuni, pe baza formulei (8.23) și a rezistențelor la întindere din încovoiere $R_{t,i}$, corespunzătoare. Nu se admite proiectarea construcțiilor de zidărie care lucrează după secțiuni nelegate, nefiind asigurată în suficientă măsură o rezistență controlată a zidăriei.

Forța tăietoare de calcul Q la încovoiere trebuie să satisfacă condiția

$$Q \leq [Q] = R_{pr} b z, \quad (8.24)$$

unde R_{pr} este rezistența de calcul la eforturi principale de întindere din încovoiere;

b — lățimea secțiunii;

z — brațul de pîrghie al cuplului interior de forțe pentru distribuția triunghiulară a eforturilor unitare; pentru secțiuni dreptunghiulare $z = 2 h/3$, iar pentru secțiuni oarecare $z = I/S$.

8.2.2. CALCULUL LA STĂRILE LIMITĂ DE FISURARE ȘI DEFORMAȚIE ALE EXPLOATĂRII NORMALE

8.2.2.1. **Calculul la fisurare.** Calculul la apariția și deschiderea fisurilor sau a rosturilor se face în următoarele cazuri :

— la elementele de zidărie simplă solicitate la compresiune excentrică cu $e_0 > e_{lim}$, deoarece un rost deschis prea mult în zona întinsă nu numai că împiedică exploatarea în condiții normale, dar și periclitează rezistența zidăriei;

— la construcțiile la care condițiile de exploatare limitează deschiderea fisurilor în zona întinsă; de exemplu, se cere împiedicarea apariției fisurilor în tencuială sau în placaj sau limitarea deschiderii lor, fără nici o micșorare a rezistenței și stabilității elementelor portante de rezistență.

Calculul la fisurare se face printr-un calcul de rezistență cu ajutorul tensiunilor de întindere sau cu ajutorul valorilor limită ale deformațiilor diferite, după cum este vorba de apariția sau de deschiderea fisurilor. Calculul la fisurare nu se face pentru încărcări extraordinare.

În calculul la fisurare pe baza criteriului de rezistență, eforturile unitare de întindere sînt precizate și limitate prin înmulțirea rezistenței de calcul la întindere cu coeficienții de lucru ai elementelor de zidărie la fisurare m_f (tab. 8.4). Calculul la fisurare (deschiderea rosturilor zidăriei) al elementelor nearmate se face pe baza următoarelor ipoteze :

— eforturile solicitate se determină pentru încărcările de calcul :

— se consideră efortul unitar de la marginea secțiunii, $m_f R_t$, corespunzător deformațiilor din zona întinsă;

— calculul se face pentru întreaga secțiune fără a se lua în considerație deschiderea rostului;

— se admite distribuția liniară a tensiunilor, ca în cazul materialelor cu comportare elastică, folosindu-se formulele din rezistența materialelor :

$$R_{t,i} m_f = \frac{M}{W} - \frac{N}{A} = \frac{Ne_0}{W} - \frac{N}{A} = N \left(\frac{e_0}{W} - \frac{1}{A} \right). \quad (8.25)$$

Explicitind :

$$W = \frac{I}{h - y},$$

rezultă :

$$N \leq \frac{m_f R_{t,i} A}{\frac{A(h - y)e_0}{I} - 1}, \quad (8.26)$$

unde m_f este coeficientul condițiilor de lucru la fisurare stabilit în funcție de gradul de durabilitate a construcției și condițiile de lucru a zidăriei (v. tab. 8.4).

Tabelul 8.4

Elementul de zidărie	Valoarea coeficientului de fisurare, m_f
Elemente de zidărie solicitate la compresiune excentrică, realizate cu tencuială obișnuite	2,0
Elemente de zidărie solicitate la compresiune excentrică, realizate cu tencuială hidroizolatoare, lucrind la presiunea hidrostatică a unui lichid	1,5
Elemente de zidărie solicitate la compresiune excentrică, realizate cu tencuială decorativă, la construcțiile cu finisaje de calitate superioară	1,2
Elemente de zidărie solicitate la compresiune excentrică, realizate cu tencuială sau placaje antiacide	1,0

Pentru o secțiune dreptunghiulară :

$$N \leq \frac{m_f R_{t,i} A}{\frac{6 e_0}{h} - 1} = \frac{m_f R_{t,i} A}{\frac{A e_0}{W} - 1} \quad (8.27)$$

Calculul eforturilor se face pentru încărcări normate în cazul când deschiderea rosturilor zidăriei poate conduce la apariția de fisuri în tencuieli și placaje, fără însă ca rezistența și stabilitatea elementului de zidărie să fie în pericol și când $e_0 < e_{im}$.

Calculul de fisurare cu ajutorul valorilor limită maxime ale deformațiilor (tab. 8.5 și 8.6) constă în limitarea deformațiilor elementelor portante de zidărie și ale scheletului de rezistență pe care reazemă zidăria, astfel ca să se înlăture apariția unor deformații sau a unor fisuri inadmisibile în condiții normale de exploatare, atât în zidărie cit și în straturile de protecție sau de acoperire (tencuieli, placaje etc.) ale zidăriei. Deformațiile specifice sînt mai reduse pentru

Tabelul 8.5

Natura deformațiilor	Deformațiile specifice maxime, ϵ_{max}
Compresiune	$\frac{0,4}{\alpha}$
Întindere axială și încovoiere : — prin secțiuni legate — prin secțiuni nelegate	$0,15 \cdot 10^{-3}$ $0,18 \cdot 10^{-3}$

Observație : ϵ_{max} reprezintă deformațiile specifice ale zidăriei la compresiune, întindere și încovoiere sub acțiunea încărcărilor fundamentale și temporare normate.

Tabelul 8.6

Natura și rolul tencuielii	Deformațiile specifice maxime, ϵ_{max} ale zidăriei solicitată la întindere
Tencuieli cu mortar de var	$0,20 \cdot 10^{-3}$
Tencuieli cu mortar de ciment-var și ciment	$0,15 \cdot 10^{-3}$
Tencuială hidrofugă cu mortar de ciment, tencuială pentru construcții supuse presiunii hidrostatice a lichidelor	$0,08 \cdot 10^{-3}$
Tencuială antiacidă pe bază de sticlă solubilă și un rind de placaj din plăci (diabaz, bazalt) cu chit antiacid	$0,05 \cdot 10^{-3}$
Două sau trei straturi de plăci de piatră cu chit antiacid : — în lungul laturii lungi a plăcilor — în lungul laturii scurte a plăcilor	$0,10 \cdot 10^{-3}$ $0,08 \cdot 10^{-3}$

Observație : În cazul armării longitudinale a elementelor de construcție, precum și în cazul tencuielii pe plasă a elementelor de construcție nearmate, deformațiile maxime se majorează cu 25 %

cazurile când nu este admisă apariția fisurilor în tencuielile de pe suprafața întinsă a zidăriei (v. tab. 8.6).

8.2.2.2. Verificarea la starea limită de deformare a pereților autoportanți. Verificarea la deformare se face, de obicei pentru pereții autoportanți, ancorați de scheletul de rezistență (stilpi, rigle, centuri, contravînturi), astfel că este posibilă deformarea lor separată, când rezistența și stabilitatea lor sub acțiunea încărcărilor orizontale sau excentrice sînt suficiente pentru a le prelua fără scheletul portant. Deformațiile elementelor portante ale scheletului de rezistență de care este ancorată zidăria se determină, în calculul la stări limită, la acțiunea încărcărilor fundamentale și temporare, fără a se lua în considerație conlucrarea zidăriei. Se recomandă ca în aprecierea încărcărilor temporare de lungă durată să se ia în considerație, în cazul scheletelor de rezistență din beton armat și deformațiile de curgere lentă.

Un caz curent îl constituie calculul *pereților autoportanți* de zidărie folosită la clădiri cu structură elastică și schelet portant, care transmit încărcarea orizontală (vîntul) acționînd perpendicular, în următoarele ipoteze ;

— întreaga încărcare orizontală se transmite numai scheletului, care lucrează fără conlucrarea zidăriei ;

— deformațiile peretelui autoportant urmează îndeaproape și complet deformațiile scheletului, astfel că se verifică ca raza de curbura a peretelui ρ_z să fie egală cu raza de curbura a scheletului care îl susține ρ .

Acestea se calculează în secțiunile cu moment maxim pentru scheletul portant, ținînd seama de deformațiile de întindere din încovoiere, care trebuie să fie întotdeauna mai mici decît deformațiile specifice maxime, ϵ_{max} (v. tab. 8.5).

Pe fața întinsă a pereților (fig. 8.9, c) se înregistrează o deformare specifică care trebuie să fie mai mică decît ϵ_{max} (v. tab. 8.5) și care rezultă din deformațiile de întindere din încovoiere, ϵ_i și deformațiile de compresiune, ϵ_0 date de greutatea proprie a pereților și de alte încărcări verticale. Deformațiile specifice limită, ϵ_{max} , sînt mai reduse (v. tab. 8.6) cînd, în unele cazuri, condițiile de exploatare impun evitarea apariției fisurilor (tencuieli hidrofuge, antiacide, anticorrosive etc.).

În general, calculul la starea limită de deformare a pereților autoportanți constă în asigurarea condiției :

$$\epsilon = |\epsilon_i| + |\epsilon_0| < \epsilon_{max} \quad (8.28)$$

Deformația specifică a peretelui reprezintă suma algebrică a deformațiilor de întindere din încovoiere, ϵ_i și ale deformațiilor de compresiune axială, ϵ_0 .

Calculul deformațiilor ϵ_i și ϵ_0 se poate face cu aproximație pe baza formulilor din rezistența materialelor elastice, după care (fig. 8.9, c) :

$$\epsilon_i = \frac{h - y}{\rho} = \frac{M^n (h - y)}{EI} \quad (8.29)$$

$$\epsilon_0 = \frac{N_z^n}{E_z A_z} \quad (8.30)$$

unde M^n este momentul încovoiator din elementul scheletului, produs de încărcările normate, în daN cm ;

EI — rigiditatea la încovoiere a elementului din scheletul portant, în daN cm²;

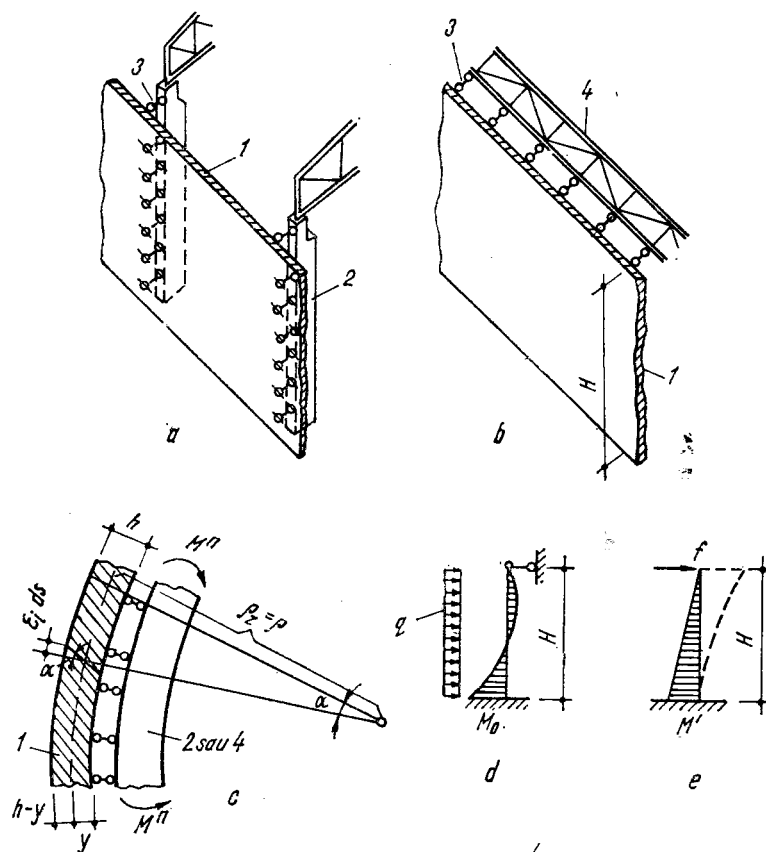


Fig. 8.9. Schema pentru calculul pereților autoportanți la deformare:

a - rezemarea pereților pe stâlpi (reazeme verticale); b - rezemarea pereților pe elemente orizontale; c - schema de calcul a deformațiilor; d; e - scheme de calcul pentru determinarea momentelor încovoietoare la pereții autoportanți; 1 - Perete autoportant 2 - stîlpul scheletului de rezistență 3 - ancoraje; 4 - element de reazem orizontal (planșeu, contravîntuire).

$(h - y)$ este distanța de la centrul de greutate al secțiunii zidăriei peretelui pînă la fața întinsă a peretelui, în cm;
 N_z^n — forța normală de compresiune din zidăria peretelui, produsă de încărcările normate, în daN;
 E_z, A_z, I_z — modulul de elasticitate, suprafața și momentul de inerție al zidăriei, în daN/cm², cm², respectiv cm⁴.

Cînd se verifică numai deformațiile la încovoire. $N_z^n = 0$ și $\varepsilon_0 = 0$.
 Calculul la deformare se poate face și cu ajutorul rigidității scheletului, folosind formula:

$$EI \geq \frac{M^n(h-y)}{\varepsilon_{max} + \varepsilon_0} \quad (8.31)$$

Pereții autoportanți se verifică și la starea limită a capacității portante sub acțiunea momentului încovoietor de calcul.

Cînd peretele este rezemat numai de stîlpul scheletului prin ancoraje (fig. 8.9, a), excentricitatea rezultată din aplicarea forței normale de calcul se mărește

cu excentricitatea dată de momentul încovoietor produs de încărcările orizontale, e_s , care se evaluează pornind de la momentul normal al zidăriei, determinat pe baza caracteristicilor geometrice:

$$M_z^n = \frac{E_z I_z}{\rho_z} [\text{daN cm}] \quad (8.32)$$

Se ține seama că $\rho_z = \rho$ și cu formula (8.29) se scrie:

$$\rho = \rho_z = \frac{h-y}{\varepsilon_i} \quad (8.33)$$

care introdusă în (8.32) și exprimată în valori de calcul, dă:

$$M_z = \frac{n\varepsilon_i E_z I_z}{h-y}, [\text{daN cm}] \quad (8.34)$$

unde M_z este momentul încovoietor de calcul din forțe orizontale, transmis scheletului.

Forța normală de calcul din zidărie, în funcție de caracteristicile geometrice se determină cu relația

$$N_z = n_0 \varepsilon_0 E_z A_z. [\text{daN}] \quad (8.35)$$

Rezultă:

$$e_s = \frac{M_z}{N_z} = \frac{n_i \varepsilon_i i_z^2}{n_0 \varepsilon_0 (h-y)} \cdot [\text{cm}] \quad (8.36)$$

Cînd pereții sînt rezemați prin ancoraje numai de un singur element orizontal al scheletului: centură, contravîntuire etc. (fig. 8.9, b), excentricitatea e_o , în cm, se poate determina cu formula:

$$e_o = e_r + e_s = \frac{M_o + M'}{N_z}, \quad (8.37)$$

unde: e_r este excentricitatea dată de M_o , în cm;

e_s — excentricitatea dată de M' cînd reazemul superior este liber, în cm;

M_o — momentul încovoietor de calcul la baza peretelui (fig. 8.9, d), încastrat la capătul de jos și rezemat pe un reazem fix, la capătul superior, în daN cm;

M' — momentul încovoietor de calcul la baza peretelui, produs de deplasarea reazemului pe orizontală cu valoarea f (fig. 8.9, e).

La determinarea săgeții f a centurii sau contravînturii nu se ia în considerație descărcarea zidăriei, care micșorează săgeata. Determinarea lui M' se face considerînd ansamblul stîlp-perete ca o consolă încastrată în fundație, încărcată cu o forță P la partea superioară, a cărei săgeată din încovoierea datorită încărcării de calcul este nf :

$$nf = \frac{PH^3}{3 E_z I_z}, [\text{cm}] \quad (8.38)$$

Dar $M' = PH$ și cu ajutorul formulei (8.38) se poate scrie:

$$M' = \frac{3nfE_z I_z}{H^2}, [\text{daN/cm}] \quad (8.39)$$

unde: n este coeficientul încărcării pentru forțele care provoacă încovoierea;
 f — săgeata la încovoiere a părții superioare a peretelui sub acțiunea încărcărilor normate, limitată de condițiile de deformare, în cm;
 H — distanța de la punctul de încastrare al peretelui până la reazemul orizontal (centură, contravîntuire orizontală etc.).

Cînd deformațiile de întindere din încovoiere stabilite cu relația (8.29) depășesc valorile extreme, ε_{max} , se majorează rigiditatea elementului din schelet sau se întărește zidăria, de exemplu cu armare longitudinală.

8.3. CALCULUL SECȚIUNILOR DE ZIDĂRIE MIXTĂ, ARMATĂ ȘI COMPLEXĂ

8.3.1. CALCULUL SECȚIUNILOR DIN ZIDĂRIE MIXTĂ

Pereții din mai multe straturi verticale de grosimi diferite se consideră în calcul cu o grosime egală cu suma *grosimilor echivalente* ale fiecărui strat.

Capacitatea portantă a zidăriei mixte depinde atît de rezistența sa de rupere și de secțiunea transversală a fiecărui strat, cît mai ales de proprietățile de deformare a fiecărui strat, ca și de țeserea și așezarea reciprocă a straturilor între ele. Cînd o zidărie mixtă este realizată din două straturi A și B (fig. 8.10), care lucrează separat, solicitată la compresiune centrică, cele două straturi se deformează separat ca în figura 8.10, a . Cînd stratul A a atins deja alungirea specifică la rupere ε_{rA} și deci rezistența sa de rupere R_A^n , în stratul B se dezvoltă un efort unitar σ_B , alungirea specifică la rupere a stratului B fiind $\varepsilon_{rB} > \varepsilon_{rA}$, astfel că $\sigma_B < R_B^n$ adică:

$$\sigma_B = m_B R_B^n, \text{ cu } m_B < 1. \quad (8.40)$$

Cînd straturile A și B sînt solidarizate între ele, acestea se deformează solidar, iar ruperea stratului principal A caracterizează capacitatea portantă maximă a zidăriei mixte, deoarece sporirea capacității portante a secțiunii pe seama singurului strat B este imposibilă în majoritatea cazurilor. În acest caz se poate scrie:

$$N_{r_z} = R_A^n A_A + m_B R_B^n A_B, [\text{daN}] \quad (8.41)$$

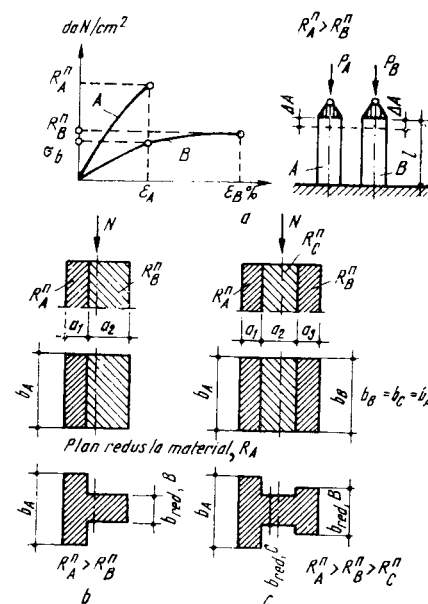


Fig. 8.10. Scheme de calcul pentru zidăria mixtă:

a — curbe de deformare pentru structurile A și B solicitate la compresiune centrică; b — scheme de calcul pentru raportarea zidăriei cu două straturi, față de stratul A ; c — scheme de calcul pentru zidăria mixtă cu trei straturi avînd $R_A^n > R_B^n > R_C^n$.

Prin împărțirea cu suprafața totală a secțiunilor componente, A , se obține rezistența de rupere a zidăriei mixte:

$$R_{red}^n = \frac{N_r}{A} = \frac{R_A^n A_A + m_B R_B^n A_B}{A}, [\text{daN/cm}^2] \quad (8.42)$$

unde: A_A, A_B sînt suprafețele secțiunilor diferitelor straturi;
 R_A^n, R_B^n — rezistențele de rupere ale diferitelor straturi (în caz că straturile sînt de beton se iau rezistențele prismatice, egale cu rezistențele normate);

m_B — coeficientul de utilizare al stratului B în zidăria mixtă.

Deoarece unul din straturile componente, considerat ca strat principal, poate fi mai rigid decît celelalte straturi, formula (8.42) poate fi scrisă în funcție de coeficienții de utilizare ai rezistenței fiecărui strat, în raport cu rezistența normată, de rupere a stratului principal, astfel:

$$R_{red}^n = \frac{m_1 R_1^n A_1 + m_2 R_2^n A_2}{A_1 + A_2}, \quad (8.43)$$

unde: R_{red}^n este rezistența echivalentă de rupere a zidăriei mixte, cu straturile dispuse simetric sau asimetric, în daN/cm^2 ;

m_1, m_2 — coeficienții de utilizare ai rezistenței diferitelor straturi; în calculul la stări limită sînt coeficienții condițiilor de lucru.

Calculul pereților din zidărie mixtă indiferent de modul cum sînt așezate straturile se face în raport cu rezistența de calcul echivalentă convențională, determinată cu formula:

$$R_{echiv} = \frac{m_1 A_1 R_1 + m_2 A_2 R_2}{A_1 + A_2} = \sum \frac{m_i A_i R_i}{A_i} \quad (8.44)$$

unde: $A_1, A_2, \dots, A_i$ sînt ariile diferitelor straturi, în cm^2 ;

$R_1, R_2, \dots, R_i$ — rezistențele de calcul ale diferitelor straturi, în daN/cm^2 ;

$m_1, m_2, \dots, m_i$ — coeficienții de utilizare ai rezistențelor diferitelor straturi ale zidăriei mixte.

În calculul zidăriei mixte, de exemplu a pereților alcătuiți din mai multe straturi verticale de materiale diferite, se consideră ca centru de greutate al secțiunii zidăriei mixte, centrul de greutate al secțiunii echivalente redusă la un singur material.

Pentru reducerea secțiunii se iau grosimile efective ale straturilor, iar lățimile se schimbă proporțional cu raportul dintre rezistențele de calcul ale straturilor și rezistența de calcul a stratului principal, folosind (pentru calculul la stări limită) formula:

$$b_{echiv,i} = b_i \frac{R_i}{R_p} \quad (8.45)$$

unde $b_i, b_{echiv,i}$ sînt lățimile efectivă și echivalentă ale stratului i , în cm;

R_i — rezistența de calcul a stratului i , în daN/cm^2 ;

R_p — rezistența de calcul a stratului principal față de care se dimensionează zidăria, în daN/cm^2 .

Lăţimea (grosimea, înălţimea) totală echivalentă a secţiunii egală cu suma lăţimilor echivalente ale straturilor componente se nota poate h sau b .

Pereţii de zidărie mixtă solicitaţi la compresiune centrică dar cu excentricitate accidentală se calculează ca elemente solicitate la compresiune excentrică, cu excentricitate mică, ca în cazul pereţilor din zidărie simplă, cu relaţia:

$$N \leq m_u \varphi R_{echiv} A \psi, \quad (8.46)$$

unde: N este forţa axială de calcul, în daN;

$$\psi = \frac{1}{1 + \frac{e_0}{h - y}};$$

- e_0 — excentricitatea faţă de centrul de greutate al secţiunii echivalente, în cm;
 A — aria secţiunii totale (efectivă a straturilor portante), în cm²;
 R_{echiv} — rezistenţa de calcul echivalentă, convenţională, la compresiune a zidăriei mixte, în daN/cm²;
 φ — coeficientul de flambaj;
 m_u — coeficientul condiţiilor de lucru ale elementului solicitat la compresiune excentrică, care ţine seama de influenţa legăturilor şi care se determină cu formula:

$$m_u = m_0 \left(1 - \frac{e_0}{4y} \right)$$

- $m_0 = 1$, pentru legături ale zidăriei aşezate de-a curmezişul (în lăţimea zidului) la distanţă de cel mult 40 cm (3 sau 4 rînduri pentru zidărie de cărămidă şi 2 rînduri pentru zidărie de piatră sau blocuri);
 $m_0 = 0,9$, pentru distanţa între rîndurile de legătură cel mult 60 cm (6...8 rînduri pentru zidăria de cărămidă şi 3 rînduri pentru zidărie de piatră sau blocuri).

Pereţii din zidărie mixtă solicitaţi la compresiune cu excentricitate mare ($e_0 > 0,45 y$) se calculează cu relaţia:

$$N \leq m_u \varphi_u A R_{echiv} \psi, \quad (8.47)$$

unde: N este forţa axială de calcul, în daN;

- A — aria secţiunii totale a straturilor portante, efectivă, în cm²;
 A_{echiv} — aria secţiunii echivalente, în cm²;
 A'_{echiv} — partea din aria secţiunii echivalente care echilibrează forţa dispusă excentric; cînd diagrama eforturilor unitare este dreptunghiulară se poate determina cu formula $A'_{echiv} \approx 2 b_{echiv} (y - e_0)$;

$$\psi = \sqrt[3]{\left(\frac{A'_{echiv}}{A_{echiv}} \right)^2};$$

$$\varphi_u = \frac{\varphi + \varphi'}{2};$$

φ — coeficientul de flambaj pentru secţiunea A_{echiv} ;

φ' — coeficientul de flambaj pentru secţiunea A'_{echiv} ;

R_{echiv} — rezistenţa de calcul echivalentă la compresiune a zidăriei, în daN/cm².

Pentru zidăriile mixte cu legături din cărămidă dispuse pe lăţimea zidului sau cu legături metalice şi strat de beton de marcă minimum 10, coeficienţii de flambaj se iau în funcţie de valoarea minimă a caracteristicii de elasticitate a zidăriei, α , pentru straturile exterioare, ca pentru secţiunea totală a peretelui.

Pentru zidăriile fără legături, cu straturi (termoizolante) avînd rezistenţe de rupere mai mici de 10 daN/cm², fiecare strat se consideră că lucrează independent, coeficientul de flambaj se ia ca valoarea medie dintre coeficientul de flambaj pentru întreaga grosime a peretelui şi cel al celui mai subţire strat exterior.

8.3.2. CALCULUL SECŢIUNILOR DIN ZIDĂRIE ARMATĂ

Conlucrarea zidăriei şi armăturii sub încărcări este asigurată în zidăriile armate prin marca superioară a mortarului din rosturi, în care se montează armătura. Prin folosirea zidărilor armate se obţine: mărirea capacităţii portante a elementelor de rezistenţă din zidărie (ziduri, stîlpi etc.), deci reducerea dimensiunilor acestora şi mărirea stabilităţii construcţiilor, în special în regiunile seismice; rezistenţă mărită contra vibraţiilor şi încărcărilor dinamice, necesară mai ales la clădirile industriale.

8.3.2.1. Zidărie cu armare transversală. Armarea transversală din rosturi împiedică dezvoltarea deformaţiilor transversale şi preia eforturile de întindere care constituie una din cauzele ruperii zidăriei, obţinîndu-se o sporire a rezistenţelor de rupere a zidăriei. Capacitatea portantă la compresiune a zidăriei armate este egală cu suma capacităţilor portante ale zidăriei şi armăturii, lucrînd la tensiuni corespunzătoare rezistenţei de rupere la compresiune, respectiv limitei de curgere.

Eficacitatea sa este maximă pentru solicitări care provoacă deformaţii transversale mari în mortar, adică pentru compresiune centrică şi excentrică, cu excentricitate mică, scăzînd repede odată cu creşterea excentricităţii ($e_0 \leq 0,15 h$, măsurat pe direcţia excentricităţii) şi a gradului de subţirime ($\lambda_y \leq 15$, pentru secţiuni dreptunghiulare).

Procentele de armare folosite sînt (0,1...1)%:

$$\mu_1 = \frac{V_a}{V_z} 100 = \frac{(C_1 + C_2) A_a}{C_1 C_2 s} 100, \quad (8.48)$$

unde: C_1, C_2 sînt distanţele între barele de armătură pe cele două direcţii, în cm;

A_a — aria unei bare de armătură, în cm²;

s — distanţa pe verticală între rosturile armate, în cm.

Rezistenţa de rupere la compresiune a zidăriei cu armare transversală din pietre de toate tipurile, cu înălţimea rîndului ≤ 150 mm şi cu mortar de marcă $\geq M 50$ se poate exprima cu relaţia:

$$R_{a,i}^n = R_z^n + \frac{2 R_a^n \mu_1}{100}, \quad (8.49)$$

unde R_z^n este rezistența de rupere a zidăriei.

Relația (8.49) se poate scrie pentru o armătură cu $R_a^n = R_c = 2500 \text{ daN/cm}^2$, sub forma :

$$R_{a,t}^n = R_z^n + 50 \mu_1. \quad (8.50)$$

Proprietățile de deformare sînt modificate în funcție de procente de armare μ_1 , de către caracteristica de elasticitate $\alpha_{a,t}$, determinată experimental, avînd expresia :

$$\alpha_{a,t} = \frac{\alpha}{1 + 3 \mu_1}. \quad (8.51)$$

Modulul de elasticitate variază cu marca mortarului și cu procentul de armare, valoarea sa fiind dată în mod analog de aceleași formule ca și pentru zidăria nearmată :

— pentru determinarea deformațiilor :

$$E = 0,8 E_o = 0,8 \alpha_{a,t} \left(R_z^n + \frac{2 \mu_1 R_a^n}{100} \right), [\text{daN/cm}^2]; \quad (8.52)$$

— pentru calculul zidăriei la starea limită ultimă de rezistență, în stadiul de rupere :

$$E = 0,5 E_o = 0,5 \alpha_{a,t} \left(R_z^n + \frac{2 \mu_1 R_a^n}{100} \right), [\text{daN/cm}^2]. \quad (8.53)$$

Elementele solicitate la compresiune cu excentricitate mică se calculează cu relația :

$$N \leq \varphi R_{a,t,ex} A \psi, [\text{daN}] \quad (8.54)$$

unde: A este aria secțiunii transversale, în cm^2 ;

$R_{a,t,ex}$ — rezistența de calcul a zidăriei la compresiune excentrică, calculată diferit, în funcție de marca mortarului, dacă este mai mare sau mai mică de 50 ;

$$\psi = \frac{1}{1 + \frac{e_o}{h - y}}.$$

Pentru elementele de zidărie cu armare transversală și excentricitate mare, calculul se face ca pentru zidăria nearmată, deoarece în acest caz armarea transversală cu plase nu mărește rezistența zidăriei.

8.3.2.2. Zidărie cu armare longitudinală. Se consideră că în cazul armăturii, așezată la interiorul zidăriei, în momentul ruperii, tensiunile în zidărie ating limita de rezistență la rupere, iar în armătură limita de curgere. Zidăria cu armare longitudinală este mai des folosită decît cea cu armare transversală însă, în vecinătatea ruperii, zidăria este folosită numai 85 % din rezistența sa, în schimb, efortul unitar maxim de rupere la compresiune este mai mare în cazul elemente-

lor solicitate la încovoire sau compresiune cu excentricitate mare. Încercările efectuate au condus la stabilirea relației :

$$R_{a,t,i}^n = 1,25 R_z^n = R_i^n, \quad (8.55)$$

unde R_i^n este rezistența de rupere la încovoire sau la compresiune excentrică cu excentricitate mare a zidăriei cu armare longitudinală.

În zidăria cu armare longitudinală, armătura preia direct eforturile de întindere și compresiune. Ca procente de armare se folosesc :

- pentru zona comprimată : $2\% \geq \mu_2 \geq 0,1\%$;
- pentru zona întinsă : $\mu_2 \geq 0,05\%$.

Rezistența de rupere a zidăriei cu armare longitudinală solicitată la compresiune centrică se calculează, de obicei, cu formulele :

— pentru armătura așezată la interior :

$$R_{a,i}^n = R_z^n + \frac{R_a^n \mu_2}{100} = R_z^n + 25 \mu_2 \quad (8.56)$$

— pentru armătura așezată la exterior :

$$R_{a,e}^n = R_z^n + 17,5 \mu_2 \quad (8.57)$$

unde μ_2 este procentul armăturii longitudinale, $\mu_2 = \frac{A_a}{A} 100$, iar R_z^n — rezistența de rupere la compresiune centrică a zidăriei nearmate, în daN/cm^2 .

Caracteristicile elastice ale zidăriei, α , sînt aceleași ca cele pentru zidăria nearmată.

Modulii de elasticitate folosiți în calcule sînt :

— pentru calculul zidăriei la starea limită ultimă :

$$E = 0,5 \alpha R_{a,i}^n, [\text{daN/cm}^2]; \quad (8.58)$$

— pentru calculul deformațiilor :

$$E = 0,8 \alpha R_{a,i}^n, [\text{daN/cm}^2]. \quad (8.59)$$

Armarea longitudinală este folosită pentru mărirea capacității portante și a stabilității stîlpilor de zidărie. Zidăria cu armare longitudinală este recomandată cînd :

- încărcarea se aplică excentric, cu o excentricitate mai mare ca $0,15 h$;
- gradul de subțirime al elementului este mai mare de 15 ;
- elementele de zidărie (stîlpi, ziduri) sînt supuse la vibrații ;
- construcțiile de zidărie sînt executate în regiuni seismice.

8.3.2.3. Calculul la fisurare. Calculul la apariția și deschiderea fisurilor se face :

— la elementele de zidărie cu armare transversală, în cazul solicitării de compresiune cu excentricitate mică, prin aplicarea încărcării în treimea mijlocie, la fel ca și pentru zidăria nearmată ;

— la elementele de zidărie cu armare longitudinală, solicitate la compresiune excentrică, încovoire sau întindere ; cînd lucrează în mediu agresiv pentru armătură sau trebuie să fie impermeabile, cum este cazul rezervoarelor ; cînd tencuielile și placajele trebuie să fie etanșe etc.

De obicei, calculul se face la încărcări normate și pentru întreaga secțiune, considerînd o distribuție liniară a tensiunilor pentru secțiunea considerată echivalentă ca un singur material, de exemplu oțelul, cu ajutorul coeficientului de echivalență, $n = E_z/E_o$.

8.3.2.4. Calculul secțiunilor de zidărie întărită cu stîlpișori de beton armat (zidărie complexă.) În acest caz interesează calculul elementelor de zidărie .

solicitate la compresiune cu excentricitate mică și mare, deoarece, ca și în cazul celorlalte elemente de zidărie comprimate centric, se ține seama de excentricitatea adițională. Comportarea mecanică a elementelor de zidărie complexă este apropiată de a celor din beton armat.

Calculul elementelor de zidărie complexă solicitate la *compresiune excentrică cu excentricitate mică* ($S_e \geq 0,8 S_o$) se face cu relația:

$$N \leq \varphi_{cc} \frac{(0,85RS_z + R_bS_b + F_aS_a)}{e} \quad [\text{daN}]. \quad (8.60)$$

Dacă forța N se aplică între centrele de greutate ale armăturilor A_a și A'_a , trebuie satisfăcută și condiția:

$$N \leq \frac{\varphi_{cc}(0,85S'_zR + R_bS'_b + F_aS'_a)}{e'} \quad [\text{daN}], \quad (8.61)$$

în care:

- φ_{cc} — este coeficientul de flambaj al elementului de zidărie complexă;
- $S_o = S_z + \frac{R_bS_b}{R}$ — momentul static al suprafeței secțiunii complexe în raport cu centrul de greutate al armăturii mai puțin comprimate sau întinse, A_a , în cm^3 ;
- S_z, S_b, S_a — momentele statice ale suprafețelor zidăriei, betonului și armăturii în cm^3 ;
- $S_e = S_{ze} + \frac{R_bS_{be}}{R}$ — momentul static al suprafeței zonei comprimate a secțiunii complexe, în raport cu centrul de greutate al armăturii A_a , în cm^3 ;
- S_{ze} și S_{be} — momentele statice ale suprafețelor zonei comprimate a secțiunii de zidărie și de beton, în raport cu centrul de greutate al armăturii A_a , în cm^3 ;
- S'_z, S'_b și S'_a — momentele statice ale suprafețelor secțiunii de zidărie, beton și armătură A'_a în raport cu centrul de greutate al armăturii A'_a , în cm^3 ;
- e și e' — distanța de la punctul de aplicație al forței N până la centrele de greutate ale armăturilor A_a și A'_a , în cm ;
- R_b — rezistența de calcul a betonului la compresiune (rezistența prismatică), în daN/cm^2 ; se recomandă să se considere în calcul betonul de marcă maximă B150, chiar dacă în proiect se prevede o marcă superioară.

La calculul elementelor de zidărie complexă comprimate excentric cu excentricitate mică, dacă centrele de greutate ale armăturii A_a și A'_a sînt la o distanță mai mare de 5 cm de marginea secțiunii, momentele statice și excentricitățile se determină față de marginea secțiunii.

Se admite să se considere excentricitate mică pentru secțiuni dreptunghiulare în cazul în care este satisfăcută relația:

$$e_o \leq 0,225 h.$$

Coeficientul de flambaj φ_{cc} pentru secțiuni de zidărie complexă se determină în funcție de caracteristica elastică:

$$\varphi_{cc} = \frac{E_{occ}}{R_{cc}^n}, \quad (8.62)$$

unde E_{occ} este modulul de elasticitate al elementului de zidărie complexă în daN/cm^2 , iar R_{cc}^n — rezistența normată a secțiunii de zidărie complexă, în daN/cm^2 .

Modulul de elasticitate E_{occ} se determină cu relația:

$$E_{occ} = \frac{E_{cz}I_z + E_bI_b}{I_z + I_b} \quad [\text{daN/cm}^2], \quad (8.63)$$

unde: E_{oz} și E_b este modulul de elasticitate inițial al zidăriei ($E_{oz} = \alpha R_z^n$) și respectiv modulul de elasticitate al betonului la compresiune, în daN/cm^2 ;

I_z și I_b — momentele de inerție ale zidăriei și betonului luate în raport cu centrul de greutate geometric al secțiunii.

Rezistența normată a secțiunii de zidărie complexă se determină cu relația:

$$R_{cc}^n = \frac{R_z^n A_z + R_b^n A_b}{A_z + A_b} \quad [\text{daN/cm}^2], \quad (8.64)$$

unde: R_z^n este rezistența normată la compresiune a zidăriei, în daN/cm^2 ;

R_b^n — rezistența normată la compresiune (rezistența prismatică) a betonului, în daN/cm^2 ;

A_z — aria secțiunii zidăriei, în cm^2 ;

A_b — aria secțiunii betonului, în cm^2 .

Calculul elementelor de zidărie complexă solicitate la *compresiune excentrică cu excentricitate mare* ($S_e < 0,8 S_o$) se face cu relația:

$$N \leq \varphi_{cc}(1,05R_z A_{ze} + 1,25R_b A_{be} + R_a A'_a - R_a A_a). \quad (8.65)$$

Poziția axei neutre se determină din ecuația:

$$1,05S_{zeN}R_z + 1,25R_bS_{beN} \pm R_a A'_a e' - R_a A_a e = 0$$

în care: S_{zeN} ; S_{beN} reprezintă momentul static al zonei comprimate de zidărie respectiv de beton, în raport cu punctul de aplicație al forței N .

Semnul (+) se consideră în cazul în care forța N se aplică în afara centrelor de greutate ale armăturilor A_a și A'_a , iar semnul (—) în cazul în care forța N se aplică între centrele de greutate ale armăturilor A_a și A'_a .

8.4. PROIECTAREA ZIDĂRIILOR LA ACȚIUNI ACCIDENTALE ȘI VARIĂȚII DIMENSIONALE

8.4.1. PROIECTAREA ZIDĂRIILOR LA ACȚIUNEA EXPLOZIEI DE GAZ

În capitolul 3 s-a arătat că pereții portanți după orice direcție ai clădirilor cu mai mult de cinci niveluri, a căror scoatere din funcțiune nu este admisă sub acțiunea unei explozii de gaz, trebuie să reziste la o presiune de $0,0345 \text{ N/mm}^2$ (5 lb/m^2), cu un coeficient de încărcare puțin mai mare decît 1 ($n = 1,05$).

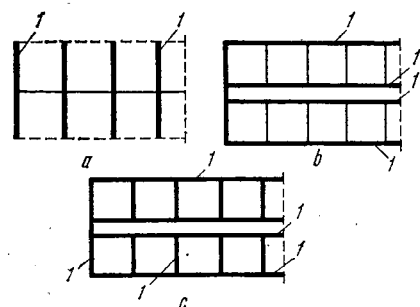


Fig. 8.11. Scheme de structuri cu pereți portanți:

a - transversali; b - longitudinali; c - dispuși după cele două direcții, longitudinală și transversală; 1 - perete portant.

între ele și cu restul structurii (pereți transversali și longitudinali, scări etc.). Pentru tipul de structură din figura 8.11, c, degradările accidentale într-o porțiune a pereților portanți se pot localiza prin efectul de arc al peretelui de deasupra cu deschidere peste zona degradată (fig. 8.12, a), prin placa planșeului lucrând cu deschidere peste zona degradată de dedesubt a peretelui (fig. 8.12, b) sau prin efectul de consolă a peretelui de dedesubt, conlucrând cu placa planșeului (fig. 8.12, c) [65].

Dimpotrivă, o structură cu pereți portanți transversali, fără perete longitudinal, cu contravintuire longitudinală asigurată numai prin casa scării amplasată la capătul clădirii și cu planșee din elemente prefabricate simplu rezemate, nesolidarizate, reprezintă o structură sensibilă la prăbușire progresivă (fig. 8.13) [65]. Într-adevăr, degradarea unei porțiuni critice de perete prin acțiuni accidentale, mai ales a peretelui de fronton, care este cel mai sensibil element portant

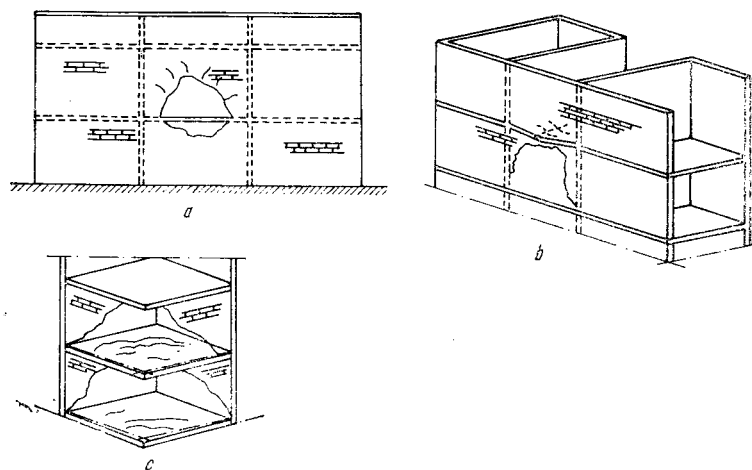


Fig. 8.12. Degradări localizate din acțiuni accidentale:

a - efect de arc în zidărie; b - planșeu cu deschidere peste zona degradată a peretelui; c - efect de consolă a peretelui și planșeului.

Proiectarea pereților portanți din zidării obișnuite realizate cu cărămizi normale trebuie să urmărească în prezent, în orice caz, posibilitatea localizării, în anumite limite, a degradărilor din acțiunea exploziei de gaz. În acest scop, se pot folosi mai multe procedee de localizare a oricărei degradări accidentale reducându-se astfel riscul unei prăbușiri progresive.

În primul rând, se recomandă a se alege o schemă structurală cu rezistență și stabilitate suficientă pentru a prelua efectele exploziei, cum este, de exemplu, schema structurală cu comportare spațială, în care pereții portanți sînt dirijați după cele două direcții principale (fig. 8.11, c), iar planșeele sînt monolitizate

al structurii, poate conduce la prăbușire progresivă. Sporirea stabilității acestui tip de structură se poate realiza prin prevederea unui perete longitudinal de contravintuire, care asigură un reazem suplimentar pentru plăcile de planșeu. În plus, deschiderile de capăt ale planșeelor se pot proiecta ca lucrînd în consolă și conlucrînd cu pereții. De asemenea, pereții de fronton se consolidează cu stâlpișori de beton armat pentru a rezista la acțiunea exploziei de gaz apreciată, în normele engleze, la 0,0345 N/mm² (5 lb/cm²).

Cînd se folosește precomprimarea pereților, este suficientă o valoare relativ mică a precomprimării pentru ca pereții să poată rezista la acțiunea laterală de 5 lb/cm² (34,5 kN/m²).

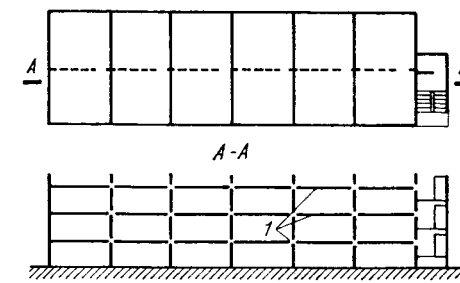


Fig. 8.13. Structură de zidărie portantă, cu ziduri transversale, sensibilă la prăbușire progresivă:

1 - planșeu din elemente prefabricate.

8.4.2. PROIECTAREA ZIDĂRIILOR LA VARIATII DIMENSIONALE ȘI MIȘCĂRI DIFERENȚIALE

Cînd pereții portanți ai unei clădiri sînt alcătuiți din materiale diferite, avînd moduli de elasticitate cu diverse valori și sînt încărcăți diferit, rezultă variații dimensionale diferențiate. Pereții exteriori din figura 8.14 se consideră încărcăți cu 7 daN/cm², iar cel longitudinal interior cu 14 daN/cm², avînd moduli de elasticitate diferiți, 210 000 daN/cm² pereții exteriori și 35 000 daN/cm² peretele central. Variațiile dimensionale ale pereților sînt:

$$\epsilon_i = \frac{14}{35\,000} = 0,4 \times 10^{-3}; \quad \epsilon_e = \frac{7}{210\,000} = 0,33 \times 10^{-4}.$$

Rezultă o deformare diferențiată însumată la vîrfurile clădirii cu 10 niveluri de 3,30 m înălțime fiecare nivel: $(0,4 \times 10^{-3} - 0,33 \times 10^{-4}) \times 10 \times 3\,300 \approx 11$ mm, dacă deformarea este liberă și nu este împiedicată.

În mod normal, pereții transversali despărțitori împiedică într-o oarecare măsură deformarea diferențiată și dacă sînt suficient de rigizi, ei vor fisura ca în figura 8.14. Cînd pereții exteriori sînt supuși la variații de temperatură, trebuie să se țină seamă de însumarea deformărilor din temperatură și din încărcări.

Dilatarea termică a zidărilor se calculează, de obicei, pe baza temperaturii medii a peretelui (considerată în centrul pereților din zidărie plină și pe stratul exterior al pereților cu goluri) din mai multe straturi, la care se pot dezvolta mișcări diferențiate din temperatura diferită a straturilor, exterior și interior. Însorirea puternică a zidărilor cu orientare favorabilă spre sud-vest în timp de vară dezvoltă în

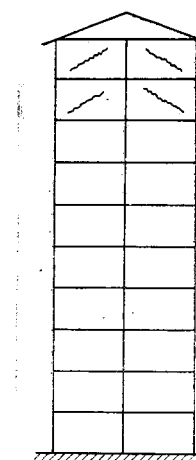


Fig. 8.14. Schema unei secțiuni transversale a unei clădiri la care peretele longitudinal este mai solicitat la compresiune decît pereții transversali astfel că apar fisuri în pereții transversali din mișcări diferențiate.

cazul pereților din mai multe straturi, mișcări diferențiate importante, din diferențele de temperatură datorită structurii peretelui, care provoacă încovoierea lor suplimentară pe lângă dilatarea longitudinală [46].

Variațiile dimensionale din temperatură ale materialelor de natură minerală utilizate la zidării (produse ceramice, betoane, pietre naturale, ipsos etc.) pot căpăta, în condiții obișnuite de exploatare, valori de același ordin de mărime cu cele din umiditate, de care de altfel cu greu se pot separa. Ele pot avea consecințe deosebite asupra elementelor sub formă de plăci sau panouri, cu două dimensiuni mari, iar a treia dimensiune, grosimea, mult mai mică. Zidăriile sînt materiale minerale compuse, la care se dezvoltă procese fizico-chimice, al căror rezultat comportă numeroase necunoscute. Anumiți factori ai variațiilor dimensionale intervin odată cu executarea zidăriei și pot acționa asupra sa încă de la vîrstă tină prin procese fizico-chimice legate de punerea în operă (execuția) și de mediul înconjurător.

Partea a patra

ELEMENTELE COMPONENTE ALE CONSTRUCȚIILOR CIVILE

Capitolul 9

FUNDAȚII ȘI SUBSOLURI

În alcătuirea clădirilor se disting: o parte superioară formată din parter, etaje și acoperiș, denumită *suprastructură* și o parte inferioară compusă din fundații, subsol construit, canale pentru rețele tehnico-sanitare, hidroizolații și alte lucrări de protecție denumită *infrastructură*. Ambele conlucrează cu terenul de fundație, clădirea și pămîntul influențindu-se reciproc în cadrul unor interacțiuni complexe de care se ține seama în vederea adoptării unor soluții corespunzătoare pentru structura de rezistență a clădirii și pentru fundații. Acest lucru a devenit posibil ca urmare a dezvoltării metodelor moderne de calcul și de încercare a construcțiilor.

9.1. PĂRȚI COMPONENTE ALE INFRASTRUCTURII

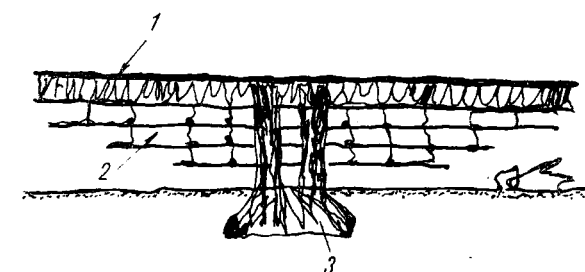
9.1.1. FUNDAȚII

9.1.1.1. Funcțiunile fundațiilor. Infrastructura cuprinde în mod necesar fundațiile care constituie partea principală a structurii de rezistență a clădirii prin intermediul căreia se realizează încastrarea construcției în terenul de fundație și transmiterea eforturilor rezultate din ansamblul acțiunilor exterioare la pămînt. Întrucît pămîntul de fundație are caracteristici mecanice inferioare celor ale materialelor de construcție utilizate la realizarea fundațiilor, forma lor este, în general, evazată. Funcțiunile fundațiilor sugerează o analogie cu rădăcinile arborilor (fig. 9.1.).

Constituind baza construcției, fundațiile prezintă o importanță deosebită pentru siguranța în exploatare; totodată soluțiile adoptate trebuie să fie corelate cu cele stabilite pentru restul elementelor de construcție. Astfel, prin proiectarea

Fig. 9.1. Analogia dintre fundații și rădăcinile arborilor (muzeul pămîntului din orașul Brazilia, proiectat de arh. O. Niemeyer):

1 — element portant orizontal; 2 — etaje suspendate; 3 — fundație.



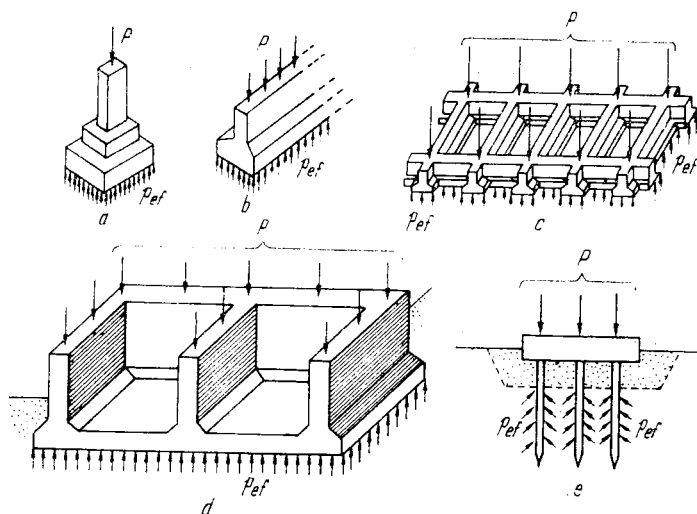


Fig. 9.2. Tipuri de fundații:
a - fundație izolată; b - fundație continuă; c - rețele de grinzi; d - fundație radier; e - fundație talpă rezemată pe piloți.

de rezistență se urmărește ca în terenul de fundație, în fundații și în restul structurii clădirii să nu se atingă starea limită a capacității portante și nici starea limită de deformare.

9.1.1.2. **Tipuri de fundații.** După modul cum se realizează condiția ca eforturile unitare în teren să nu depășească valorile admisibile, fundațiile pot fi *directe* când se recurge exclusiv la o suprafață mărită de rezemare pe teren situată la adâncime mică (talpă, radier, fundație izolată) sau *indirecte* (piloți), la care se creează și o suprafață laterală mare de transmisie a încărcării asupra pământului (fig. 9.2.). Normativul P 10-75 privind proiectarea și executarea lucrărilor de fundații prezintă următoarele tipuri de fundații directe pentru clădiri: izolate, continue, din rețele de grinzi și radiere. În raport cu eforturile la care sînt solicitate fundațiile cu tălpi, acestea pot fi executate din beton simplu (fundații rigide lucrînd la compresiune) sau din beton armat (fundații elastice lucrînd la încovoiere). Fundațiile din zidărie de piatră sau de cărămidă se folosesc mai rar și numai la clădiri de importanță redusă.

9.1.1.3. **Condiții specifice lucrărilor de fundații.** Costul lucrărilor de fundații, care se realizează la o anumită adâncime în teren, adesea în condiții dificile și cu un grad de industrializare redus este relativ ridicat și din această cauză fundațiile intervin cu o pondere importantă în prețul de cost al clădirilor. Ținînd seamă de valorile investite cît și de faptul că sînt greu accesibile pentru control și reparații, fundațiile clădirilor trebuie să prezinte o durabilitate mare, superioară sau cel puțin egală cu aceea a restului structurii de rezistență.

9.1.2. SUBSOLUL CONSTRUIT

9.1.2.1. **Funcțiunile subsolului.** Infrastructura poate cuprinde spații utile care formează subsolul construit. În raport cu cerințele funcționale ale clădirii respective și ale zonei locuite, subsolul construit este destinat anexelor gospodărești, punctelor termice, unor spații comerciale sau social-culturale, garajelor, instalațiilor tehnico-sanitare, depozitelor etc. În acest fel se valorifică volumul situat între pardoseala parterului și fundații care uneori sînt dispuse la adâncime relativ mare.

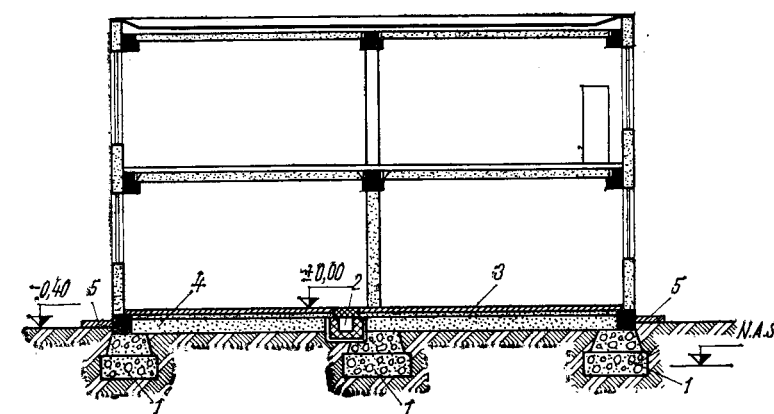


Fig. 9.3. Clădire fără subsol, amplasată pe teren cu nivel ridicat al pinzei freatice:

1 - fundații izolate; 2 - canal controlabil pentru conducte tehnico-sanitare; 3 - pardoseală; 4 - umplutură de pământ; 5 - trotuar.

Unele clădiri se proiectează fără subsol construit (fig. 9.3) deoarece acesta nu se justifică economic, de exemplu: construcțiile rurale cu pardoseala dispusă direct pe pământ, atelierele și depozitele cu încărcări dinamice mari la primul nivel, clădirile amplasate pe terenuri cu nivel ridicat al pinzei freatice pentru care ar fi necesare hidroizolații costisitoare etc.

9.1.2.2. **Tipuri de subsoluri.** Atunci cînd realizarea unui subsol construit utilizabil nu se justifică dar există rețele tehnico-sanitare care trebuie amplasate în spații vizitabile, se recurge la executarea unui *subsol tehnic* cu înălțime redusă (fig. 9.4.). Pentru acces, acesta comunică cu casa scărilor și se poate prevedea cu un culoar de înălțime normală. În clădiri cu alte destinații decît locuințe, fără subsol construit, conductele pot fi dispuse în *canale* acoperite cu plăci prefabricate demontabile din beton sau din tablă (v. fig. 9.3). Este posibilă și construirea unor *subsoluri parțiale* care ocupă numai o parte din suprafața imobilului respectiv (fig. 9.5).

Pentru iluminarea și ventilarea directă a încăperilor subsolului, se obișnuiește ca acesta să fie îngropat numai pe o parte din înălțime, iar planșeul de sub

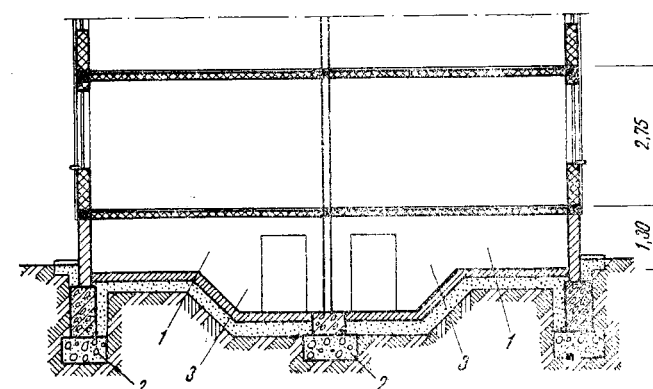


Fig. 9.4. Clădire cu structură din panouri mari pe fundații continue rigide și cu subsol tehnic:

1 - subsol tehnic; 2 - fundație; 3 - culoar de acces.

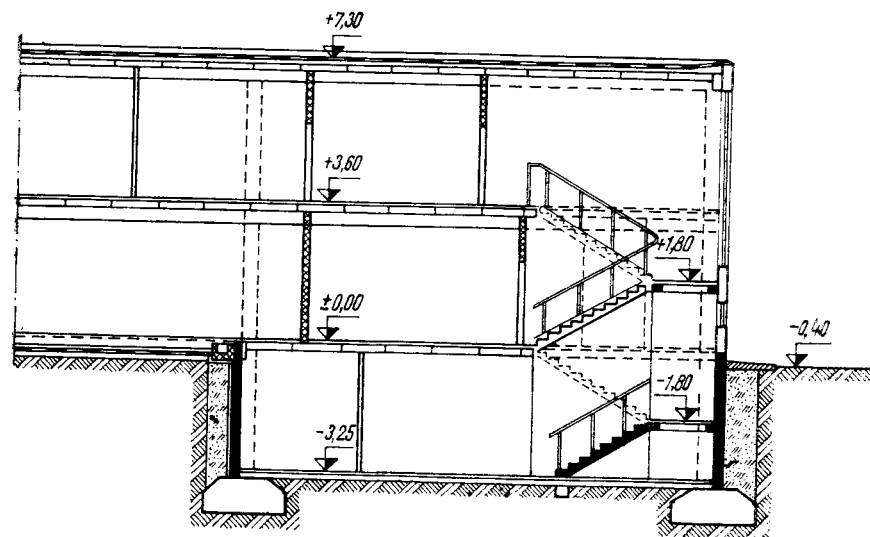


Fig. 9.5. Clădire cu subsol parțial.

pardoseala parterului se dispune astfel ca soclul clădirii să poată include și ferestre; spațiul realizat în acest fel se numește *demisol* (fig. 9.6).

Necesitatea de a limita întinderea orașelor în condițiile sporirii neincetate a populației urbane, conduce la creșterea înălțimii construcțiilor și la realizarea de *subsoluri etajate*. În țările industrializate, subsolurile etajate sînt extinse și sub străzi, constituind adevărate orașe subterane, cu spații comerciale, servicii pentru populație, parkinguri, stații de metrou etc. (fig. 9.7.). Aceasta permite ca la suprafață să fie păstrate monumente istorice și alte clădiri de valoare. La noi în țară, o asemenea soluție a fost utilizată la București, în zona hotelului Intercontinental. Dezvoltarea clădirilor în adîncime este și o consecință a creșterii înălțimii suprastructurii: sporind încărcările ce trebuie preluate de către teren, se coboară și nivelul de fundare, asigurîndu-se și încastrarea necesară pentru satisfacerea cerințelor de protecție antiseismică.

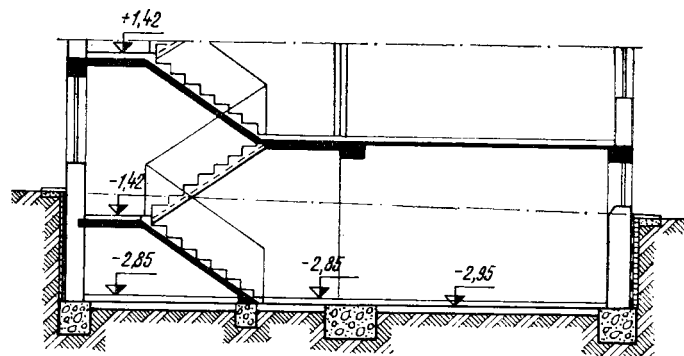
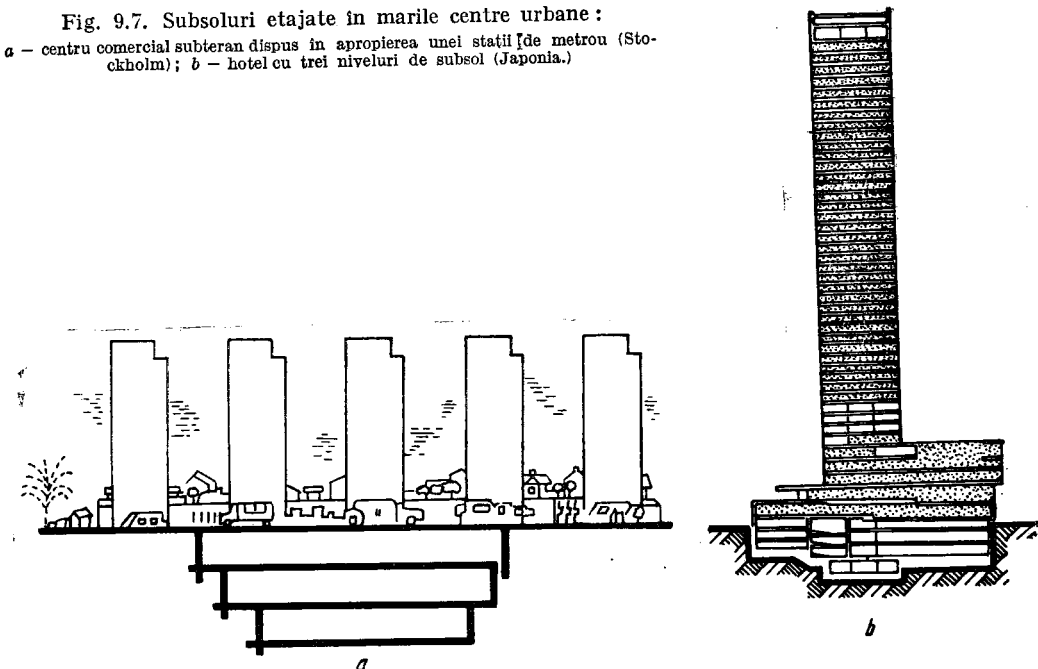


Fig. 9.6. Clădire cu demisol pe teren cu pantă mică (iluminarea și ventilarea sînt asigurate prin ferestre).

Fig. 9.7. Subsoluri etajate în marile centre urbane:
a - centru comercial subteran dispus în apropierea unei stații de metrou (Stockholm); b - hotel cu trei niveluri de subsol (Japonia).



9.1.3. LUCRĂRI DE PROTECȚIE A INFRASTRUCTURII

Infrastructura este expusă infiltrării apelor subterane și de suprafață și uneori acțiunii corozive a acestora. Pentru protecție, se iau măsuri de colectare și îndepărtare a apelor, se utilizează la realizarea infrastructurii betoane compacte cu caracteristici adecvate, se execută *hidroizolații*, *socluri*, *trotuare*, *drenuri* etc.

Infrastructura se află, de asemenea, în interacțiune termică cu terenul de fundație. Pentru asigurarea regimului optim de exploatare a subsolului construit și uneori pentru a proteja pămîntul de fundație se pot executa lucrări de *izolații termice subterane* dispuse pe conturul construcției.

9.1.4. CANALE TEHNICE

Funcționarea instalațiilor complexe cu care sînt dotate clădirile moderne implică existența unor vaste rețele de alimentare cu apă, energie termică și energie electrică, de canalizare etc., care cuprind conducte ce leagă între ele diversele construcții ale unei zone urbane. Aceste rețele pot fi îngropate direct în pămînt sau amplasate în *canale tehnice* speciale, accesibile pentru control și reparații. O soluție modernă este realizarea de *galerii* sau *tuneluri tehnice* pentru instalații în care se dispun grupat toate conductele rețelei tehnico-edilitare.

9.2. FACTORII DETERMINANȚI PENTRU ALEGEREA TIPULUI DE INFRASTRUCTURĂ

9.2.1. CONDIȚII GENERALE

La întocmirea proiectului infrastructurii este necesar să se țină seama de o serie de factori dintre care cei mai importanți sînt :

- cerințele funcționale ale clădirii referitoare la spațiile utile din subsolul construit și de la parter;
- studiul de sistematizare aprobat pentru zona de amplasare a construcției;
- gradul de importanță al clădirii potrivit STAS 9 165-72;
- particularitățile impuse de amplasament referitoare la declivități, adîncimea minimă de îngheț conform STAS 6 054-64, seismicitatea regiunii conform STAS 2 293-74 și normativ *P* 13-75;
- caracteristicile straturilor de pămînt din jurul clădirii și de sub fundație (natură, grosimi și proprietăți fizico-mecanice), determinate pe baza studiului geotehnic;

— schema generală a încărcărilor la nivelul infrastructurii, determinată de distribuția și tipul elementelor portante, înălțimea construcției, încărcările exterioare care acționează asupra construcției etc.;

— tasările neuniforme rezultate din conlucrarea structurii cu fundația și terenul;

— caracteristicile hidrogeologice ale terenului (ape de suprafață și subterane, variația sezonieră a nivelului hidrostatic, permeabilitatea straturilor de teren) precum și agresivitatea apelor subterane și a celor din clădire;

— regimul termic determinat de condițiile climatice ale zonei de amplasare și de condițiile de exploatare a clădirii.

În cele ce urmează se prezintă cîteva aspecte referitoare la factorii menționați, restul fiind analizate în cadrul disciplinelor de geotehnică și fundații, beton armat, mecanica construcțiilor, inginerie antisismică și în alte capitole ale acestui curs.

9.2.2. RELIEFUL TERENULUI

Mentținerea suprafețelor cultivabile în circuitul agricol este o necesitate evidentă pentru economia diverselor țări; din această cauză se recurge din ce în ce mai mult la amplasări de construcții pe terenuri accidentate (soluția se folosește curent în Japonia, Italia, R. S. F. Jugoslavia și R. P. Bulgaria). În țara noastră astfel de soluții au fost adoptate mai ales în zona de litoral, la complexe hoteliere Olimp și Aurora. Aspectul arhitectonic obținut este favorabil, datorită efectului de amfiteatru, dar apar o serie de probleme dificile la proiectarea infrastructurii, astfel :

— pentru a ajunge la cota de fundare, clădirile situate pe suprafețe în pantă necesită fundații cu adîncimi diferite. În cazul fundațiilor continue se prevăd trepte cu înălțimea sub 50 cm și cu o pantă maximă egală cu 2/3. Cota superioară a tălpii de fundație, pe care se dispune peretele subsolului, trebuie să fie orizontală (fig. 9.8.);

— pentru a evita alunecările de teren, la amplasarea pe terenuri în pantă este necesar să se verifice stabilitatea versantului ținînd seama de straturile existente, regimul hidrologic, schimbările provocate prin lucrările de sistemati-

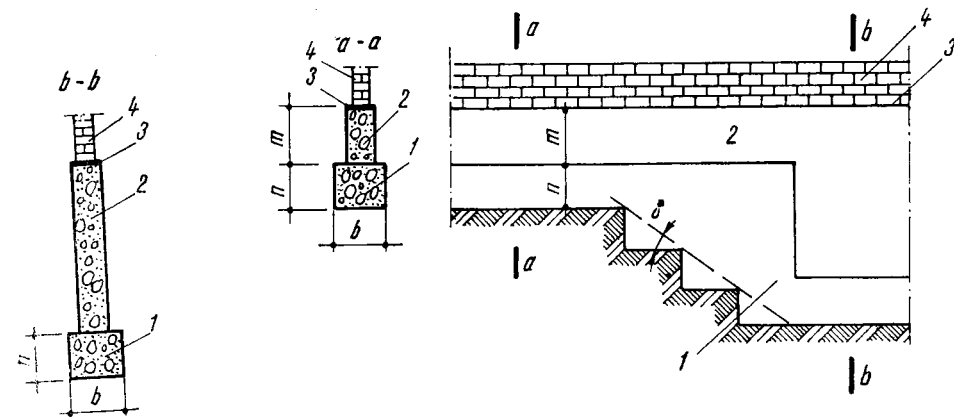


Fig. 9.8. Fundație pe teren în pantă:

1 - talpă continuă; 2 - soclu (beton în elevație); 3 - hidroizolație; 4 - perete; delta - pantă.

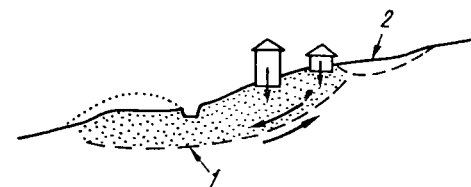


Fig. 9.9. Lunecarea terenului pe strat de argilă sub influența infiltrațiilor de apă și a încărcărilor transmise de fundațiile clădirilor:
— suprafață de lunecare; 2 - zonă de infiltrații de apă

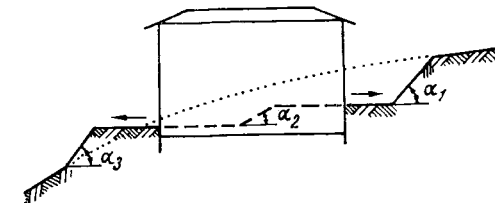


Fig. 9.10. Amenajarea terenului în jurul clădirii.

zare pe verticală și de drumuri, supraîncărcarea creată de clădirile noi și alte cauze care ar putea modifica echilibrul masivului de pămînt (fig. 9.9). În cazul cînd se execută reprofilări, săpăturile și rambleele trebuie să respecte pantele admisibile stabilite în raport cu natura pămîntului (fig. 9.10); taluzurile trebuie protejate cu plantații, dale de beton etc., iar declivitățile trebuie să permită scurgerea apelor meteorice la distanță față de construcție, către drenuri, șanțuri sau lucrări de canalizare;

— la clădirile amplasate pe terenuri în pantă, subsolul construit este situat numai cu o parte în pămînt, restul rămînînd deasupra terenului, unde se transformă în parter, destinația încăperilor stabilindu-se în consecință. Pentru preluarea împingerii pămîntului care acționează numai pe o parte a perimetrului clădirii, se prevăd ziduri de sprijin sau se dimensionează corespunzător peretele situat spre pămînt. Eforturile preluate de acest perete sînt transmise direct fundației și indirect celorlalte elemente verticale de susținere, prin intermediul planșeiului.

9.2.3. CARACTERISTICILE FIZICO-CHIMICE ALE PĂMÎNTULUI

Straturile pe care se fundează s-au format, în general, prin procese naturale de sedimentare fiind constituite din amestecuri de particule solide, apă și aer. Mărimea, starea, distribuția și proporția elementelor componente este variabilă,

determinînd proprietățile ansamblului care poate fi considerat ca un mediu foarte viscos, intermediar între starea solidă și cea lichidă. În general, caracteristicile pămîntului de fundație diferă mult de cele ale infrastructurii care este realizată numai din materiale solide rigide. Proprietățile pămîntului de fundație pot fi considerate în cadrul a trei grupe:

— grupa întâi se referă la caracteristicile petrografice prin care se identifică și se clasifică rocile. Aceste caracteristici nu depind de starea pămîntului, fiind determinate numai de mărimea, forma și compoziția mineralogică a granulelor, astfel că pot fi studiate fără a necesita probe intacte;

— grupa a doua caracterizează terenul sub aspectul grosimii straturilor, conținutului de apă etc.;

— grupa a treia se referă la modul în care reacționează pămîntul de fundație la acțiuni exterioare variabile provenind din încărcări, migrația apei etc.

Pentru a analiza starea de eforturi și deformațiile pămîntului, trebuie cunoscute caracteristicile mecanice și cele de deformabilitate, inclusiv comportarea la variații de temperatură și umiditate. Pentru protecția împotriva infiltrațiilor de apă interesează caracteristicile hidrologice: permeabilitatea la apă, înălțimea de ascensiune capilară, gradul de saturare cu apă și agresivitatea acesteia. Pentru protecția termică prezintă interes conductivitatea termică, densitatea, căldura specifică și variația acestor caracteristici cu umiditatea.

9.2.4. CARACTERISTICI HIDROLOGICE ALE PĂMÎNTULUI DE FUNDAȚIE

Studiul caracteristicilor hidrologice necesită cunoașterea condițiilor în care se găsește și se deplasează apa în pămîntul de fundație și prezintă o mare însemnătate pentru proiectarea infrastructurii construcțiilor [101]. Umiditatea pămîntului este un factor hotărîtor de care depind:

— variația proprietăților mecanice (rezistențe la eforturi, curgere lentă, coeziune etc.);

— deformabilitatea sub încărcări, umflarea și contractia;

— comportarea la acțiuni dinamice, transmisia vibrațiilor, apariția fenomenelor de lichefiere bruscă a argilelor nisipoase și de alunecare a argilelor;

— proprietățile termofizice și electrice.

În general, umiditatea influențează atât rocile ce constituie pămîntul de fundație, cît și materialele de construcție poroase.

9.2.4.1. Gradul de saturare cu apă. Din acest punct de vedere, în stratificarea pămîntului de fundare se disting (fig. 9.11):

— zona cu porii și capilarele pline cu apă, care cuprinde pămîntul situat în pinza freatică și pe înălțimea în care ascensiunea capilară este foarte puternică:

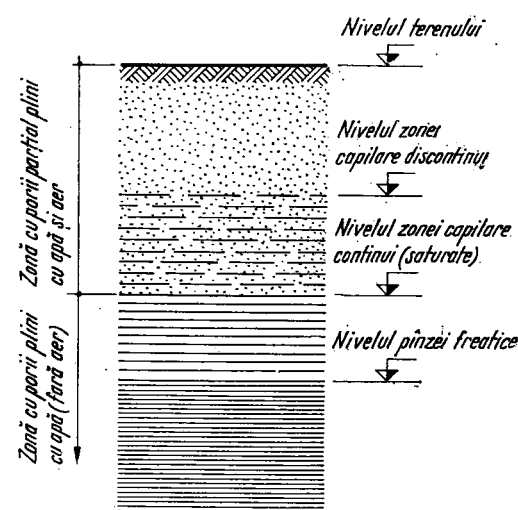


Fig. 9.11. Zone de saturare cu apă în terenul de fundație.

— zona cu porii și capilarele parțial pline cu apă, în care apa umple numai porii și capilarele mai înguste, cele mai mari conținînd pe lângă apă în fază lichidă, aer și vapori de apă (pămînt nesaturat);

— zona aparent uscată, situată spre suprafață unde aportul capilar de apă este echilibrat prin evaporare, iar apa reținută la suprafața granulelor solide este în cantități foarte mici (apa de higroscopicitate).

9.2.4.2. Sursele de umezire. Apa din pămîntul de fundație provine din diverse surse:

— din pinza de apă freatică, existentă sub formă de aglomerări importante și durabile de apă, reținute de către un strat inferior impermeabil. Fiind alimentată din precipitații (ploi, zăpezi) și de surse accidentale, pinza freatică are nivel variabil; pentru proiectarea construcțiilor se consideră nivelul maxim posibil. Apa din pinza freatică se scurge lent către izvoare, care în mod excepțional pot fi arteziene (fig. 9.12);

— din ape meteorice, a căror importanță depinde de amplasamentul construcției. Pe teritoriul țării noastre, precipitațiile anuale variază între 400...600 mm în podișul Transilvaniei și zonele subcarpatice și 1 000...1 400 mm în zonele de munte;

— din apele uzate, ca urmare a unor defecțiuni la conductele îngropate care transportă apă. Aceste ape scăpate pe suprafața terenului sau la adîncime mică pot să determine creșterea treptată a nivelului pinzei freatice, cedări de terenuri sensibile la înmuiere, acțiuni corozive asupra fundațiilor etc.

În terenul de fundație și în părțile neprotejate ale infrastructurii, apa migrează sub influența a diverși factori din care cei mai importanți sînt gravitația, presiunea hidrostatică, forțele capilare și presiunea parțială a vaporilor de apă, migrație care se face în raport direct cu permeabilitatea straturilor respective și cu viteze mult inferioare celor de curgere în conducte sau canale. Mișcările principale ale apei din pămînt au loc pe verticală (fig. 9.13).

9.2.4.3. Permeabilitatea terenului la apă. Sub aspectul permeabilității, la migrația apei se pot considera două tipuri de terenuri: cu permeabilitate mare și cu permeabilitate redusă.

9.2.4.3.1. Pămînturi cu permeabilitate mare. În această categorie se consideră straturile formate din roci necoezive (pietriș, nisip) caracterizate prin faptul că permit scurgerea apei sub influența gravitației, ascensiunea capilară a apei fiind imposibilă sau neînsemnată.

Soluțiile de hidroizolare în acest caz pot fi ușor stabilite în raport cu nivelul maxim al pinzei freatice: hidroizolații împotriva apelor cu presiune se prevăd

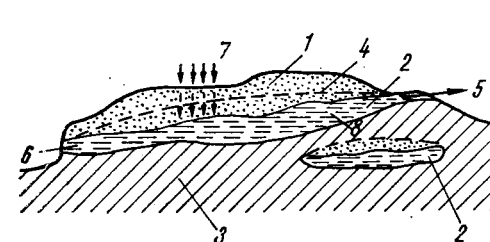


Fig. 9.12. Apa subterană:
1 - teren permeabil; 2 - apă freatică; 3 - teren impermeabil; 4 - nivel maxim al apei freatice; 5 - punct de deversare; 6 - izvor; 7 - precipitații; 8 - zone de infiltrație.

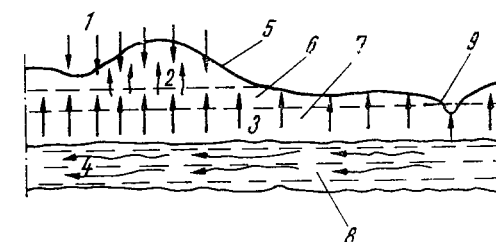


Fig. 9.13. Migrația apei în pămînt:
1 - infiltrații din ape meteorice; 2 - difuzie vapori; 3 - ascensiune capilară; 4 - scurgere orizontală; 5 - suprafață uscată prin evaporare (aport capilar insuficient); 6 - zonă capilară discontinuă; 7 - zonă capilară discontinuă; 8 - pinză freatică; 9 - suprafață umedă.

pe zona de acțiune a acestora și pe o înălțime de 50 cm peste nivelul maxim al pânzei freatice; în zona aparent uscată se prevăd simple protecții menite să împiedice absorbția apei de către materialele de construcție. Dacă există o zonă de ascensiune capilară, aceasta va fi separată de construcție printr-o izolație hidrofugă împotriva apelor fără presiune hidrostatică.

Experimentări recente efectuate în țările nordice [40] arată că pentru subsolurile amplasate în zone cu pământuri foarte permeabile, situate deasupra nivelului maxim al apelor freatice, este posibil să se renunțe cu totul la hidroizolații, cu condiția ca migrația vaporilor de apă să fie orientată permanent de la clădire spre teren.

Dacă în terenul permeabil de deasupra pânzei freatice există un strat mai puțin permeabil (de pildă praf argilos) apare posibilitatea ca în urma precipitațiilor atmosferice sau a topirii zăpezii, să se formeze punți de apă reținută temporar și construcția trebuie să fie hidroizolată împotriva apelor cu presiune hidrostatică.

9.2.4.3.2. *Pământuri cu permeabilitate redusă.* În această categorie se includ straturile din roci dezagregate slab coezive sau coezive. Acestea împiedică scurgerea rapidă a apei și din această cauză prezintă condiții favorabile de infiltrare a apelor în construcție. Sub acest aspect se deosebesc două situații:

— *pământuri slab coezive cu vine de nisip*, care se depistează la deschiderea gropii de fundație; în punctele unde taluzul interceptează straturile de nisip se observă uneori infiltrații de apă (fig. 9.14). Întrucât subsolul construit întreprinde căile de scurgere directă către pinza freatică, lângă clădire se va putea forma o acumulare progresivă de apă, astfel că este necesară realizarea unei hidroizolații sigure, rezistentă la presiunea apei. Mărimea presiunii hidrostatice depinde numai de înălțimea coloanei de lichid și nu este influențată de cantitatea de apă acumulată. În general, nu se poate conta pe umpluturile impermeabile; oricât de bine ar fi executate, acestea prezintă discontinuități sau fisurează cu timpul și permit pătrunderea apei;

— *pământuri coezive*, argiloase în care se menține pericolul acumulării apei lângă construcție, aspectul uscat al gropii de fundație fiind înșelător (fig. 9.15). În argilă, apa migrează cu greu, astfel că aportul capilar este cu ușurință echilibrat prin evaporare la suprafața taluzului săpăturii. Însă, după executarea construcției, apa se acumulează treptat lângă clădire și în lipsa unei hidroizolații corespunzătoare, construcția se umezește.

9.2.4.4. *Agresivitatea apelor subterane.* Pentru asigurarea durabilității lucrărilor de fundații și subsoluri este necesar să se țină seama de agresivitatea

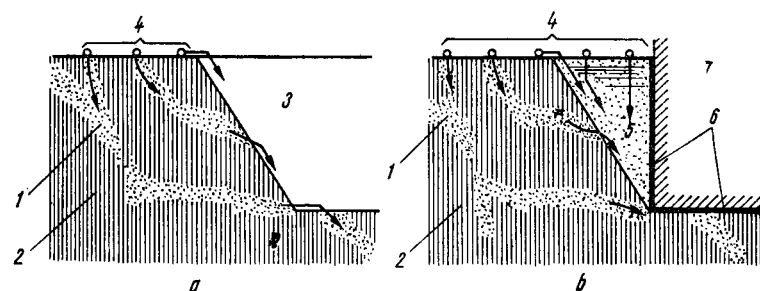


Fig. 9.14. Construcție în teren coeziv cu vine permeabile [66]:
a - situația înainte de executarea construcției; b - după executarea construcției; 1 - lut cu vine de nisip; 2 - pământ slab coeziv; 3 - groapă de fundație; 4 - infiltrații din ape meteorice; 5 - acumulare de apă; 6 - hidroizolație rezistentă la presiune hidrostatică; 7 - construcție.

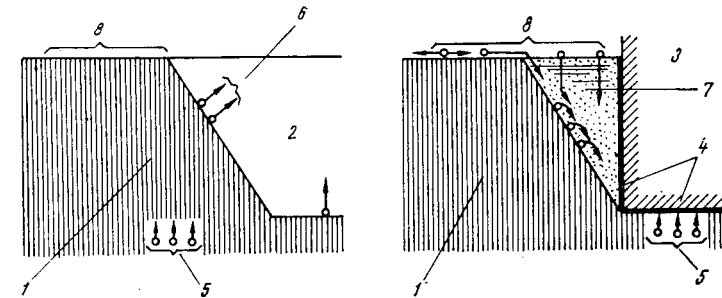


Fig. 9.15. Acțiunea apei asupra construcțiilor amplasate în terenuri impermeabile [66]:

a - groapă de fundație în timpul excavării; b - după realizarea subsolului construit; 1 - argilă; 2 - groapă de fundație uscată; 3 - clădire; 4 - hidroizolație rezistentă la presiunea apei; 5 - ascensiune capilară; 6 - suprafață uscată prin evaporare; 7 - acumulare progresivă de apă; 8 - infiltrații din ape meteorice.

naturală a apelor subterane și a celor uzate care scapă accidental. Coroziunea poate fi de diverse tipuri, în funcție de natura agentului agresiv.

Coroziunea de tip I este cauzată de apele cu durtate mică. După cantitatea maximă de săruri minerale conținute, apele se numesc dulci (cu conținut minim), moi sau dure (cu conținut mai ridicat). Apele dulci sînt cele mai agresive și acționează prin dizolvarea compuşilor de calciu; prezența sărurilor de calciu în apă micșorează capacitatea de distrugere exercitată asupra pietrei de ciment. Dimpotrivă, sărurile care nu intră în reacție chimică directă cu piatra de ciment dar care măresc forța ionică a soluției (sulfat de sodiu, clorură de sodiu) accentuează caracterul agresiv al apei față de oxidul de calciu.

Coroziunea de tip II se datorește reacțiilor chimice de dublă descompunere între acizii și sărurile din mediul înconjurător și părțile componente ale pietrei de ciment. Compușii noi rezultați nu au proprietăți liante, nu pot împiedica pătrunderea mai departe a apei agresive în beton și sînt ușor spălați de apă. Acidul carbonic, prezent adesea în apă este deosebit de periculos. Coroziunea betonului mai poate fi cauzată și de către acizii sulfuric, clorhidric, azotic, acetic, lactic sau de sărurile de magneziu dizolvate în apă. Soluțiile alcaline cu concentrație redusă nu atacă betoanele.

Coroziunea de tipul III constă în acumularea unor săruri cristalizate în porii și capilarele betonului. Cristalele se formează ca urmare a reacțiilor chimice dintre mediul agresiv și unele elemente componente ale pietrei de ciment; treptat aceste cristale cauzează apariția unor eforturi atît de mari în beton încît pereții capilarelor și porilor se rup. Procesul este de durată, astfel că o comportare inițială bună poate fi înșelătoare. Acest tip de coroziune este provocat de apele cu sulfati, de pildă cele provenite din canalizări sau de acțiunea bacteriilor care se dezvoltă în terenurile mlăștinoase.

Coroziunea betoanelor armate este însoțită de ruginirea barelor de oțel. Dacă apa poate pătrunde prin betonul permeabil sau fisurat și dacă alcalinitatea acesteia este redusă, armăturile se pot coroda și fără distrugerea concomitentă a betonului. Rugina care apare ca urmare a procesului electro-chimic crește treptat în volum, provoacă desprinderea stratului protector și dezvelind armătura accelerează procesul de distrugere. O altă cauză de distrugere a betoanelor armate o constituie curenții vagabonzi, care apar atunci cînd există scurgeri de curent electric în terenul de fundație din cauza defectiunilor unor instalații sau datorită slăbirii izolațiilor prin umezire. În punctele de scurgere a curentului

electric în pământ, pe suprafața armăturii se formează o zonă anodică și are loc un proces de coroziune; stratul de beton de protecție se distruge și el. Intensitatea acestor procese este mare deoarece presiunea care acționează asupra betonului în urma coroziunii armăturii este de 200...300 daN/cm². Procese similare se pot manifesta și la elemente de construcții metalice cu fundații din beton.

Procesele de coroziune care au loc în infrastructură se extind treptat și în partea inferioară a suprastructurii datorită migrației capilare a apei.

9.2.4.5. Protecția împotriva coroziunii. În vederea precizării agresivității apelor subterane și a stabilirii măsurilor de protecție, STAS 3349—68 stabilește patru grade de agresivitate: slabă, moderată, intensă și foarte intensă.

O primă condiție de rezistență la acțiunea agresivă a apei este compactitatea betonului; în acest scop, STAS 3519—52 definește gradul de impermeabilitate care este egal cu mărimea presiunii maxime, exprimată în daN/cm², la care poate fi supusă o probă de formă cubică, fără ca apa să o traverseze.

Pentru evitarea fenomenelor de coroziune, stabilirea dozajului de ciment, a gradului de impermeabilitate a betonului și a tipului de ciment folosit se face în funcție de agentul corosiv care acționează asupra betonului.

Pentru betoane care vin în contact cu ape având duritate mică (coroziune de tip I), se recomandă:

- betoane simple cu 250 kg ciment/m³ și grad de impermeabilitate *P*—4;
- betoane armate monolite cu 350 kg ciment/m³ și grad de impermeabilitate *P*—6;
- elemente prefabricate din beton cu 300 kg ciment/m³ și grad de impermeabilitate *P*—6;
- strat de acoperire a armăturilor de cel puțin 2 cm.

Pentru betoane care vin în contact cu ape conținând acid carbonic (coroziune de tip II) se recomandă:

- betoane simple cu 280 kg ciment/m³ și grad de impermeabilitate *P*—4;
- betoane armate monolite cu 350 kg ciment/m³ și grad de impermeabilitate *P*—6;
- elemente prefabricate din beton cu 325 kg ciment/m³ și grad de impermeabilitate *P*—6;
- ciment *P* 500 sau *PC* 400.

În cazul când agresivitatea carbonică este intensă, se interzice folosirea cimenturilor *SR*, *SRA*, *M* 400, *F* 300 și de baraj *H*.

Pentru betoane ce vin în contact cu ape care prezintă agresivitate sulfatică (coroziune de tip III) se recomandă:

- betoane simple cu 280 kg ciment/m³ și grad de impermeabilitate *P*—4;
- betoane armate monolite cu 350 kg ciment/m³ și grad de impermeabilitate *P*—6;
- elemente prefabricate din beton cu 325 kg ciment/m³ și grad de impermeabilitate *P*—6;
- ciment *T* 400 și *SRA*.

În cazul când agresivitatea sulfatică este foarte intensă nu pot fi utilizate cimenturile *P* 500, *PZ* 400 și *Pzc*. La elemente prefabricate nu se recomandă utilizarea cimenturilor *RIM* 300.

Protecția elementelor de construcție împotriva agresivității apelor corosive poate fi asigurată și prin hidroizolații corespunzătoare.

9.2.5. CARACTERISTICI TERMOFIZICE ALE TERENULUI DE FUNDATIE

9.2.5.1. Ecuația cîmpului termic. Regimul higrotermic al infrastructurii este puternic influențat de temperatura și caracteristicile termofizice ale terenului de fundație.

Variațiile sezoniere de temperatură în terenul de fundație calculate pentru condiții medii în țara noastră [95] sînt prezentate în figura 9.16. Caracteristicile termofizice ale terenului de fundație și ale materialelor de construcție din infrastructură sînt: λ — conductivitatea termică (W/m.K), c_p — căldura specifică (J/kg · K), ρ — densitatea aparentă (kg/m³); aceste caracteristici sînt influențate mult de starea de umiditate a pămîntului.

Pentru stabilirea cîmpului termic în terenul de fundație și în infrastructură (fig. 9.17) trebuie găsite soluțiile ecuației diferențiale cu derivate parțiale:

$$\frac{\partial \theta}{\partial t} = \frac{\partial}{\partial x} \left(a_x \frac{\partial \theta}{\partial x} \right) + \frac{\partial}{\partial y} \left(a_y \frac{\partial \theta}{\partial y} \right) + \frac{\partial}{\partial z} \left(a_z \frac{\partial \theta}{\partial z} \right), \quad (9.1)$$

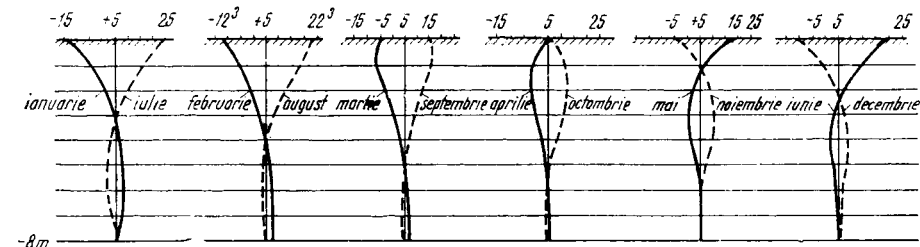


Fig. 9.16. Variații sezoniere de temperatură în teren până la adîncimea de 8 m (rezultate obținute prin calcul) [95].

unde $i = 1 \dots n$ este indicele referitor la un anumit strat al terenului de fundație sau la un anumit material de construcție;

θ — temperatura, în °C;
 t — timpul, în h;

$a = \frac{\lambda}{c_p \rho}$ — coeficientul de difuzi-

tate termică, în m²/s.

Considerînd transmisia bidirecțională (problema transmisiei plane), ecuația (9.1) devine:

$$\frac{\partial \theta}{\partial t} = \frac{\partial}{\partial x} \left(a_x \frac{\partial \theta}{\partial x} \right) + \frac{\partial}{\partial y} \left(a_y \frac{\partial \theta}{\partial y} \right). \quad (9.2)$$

În limitele unui singur strat de pămînt sau material de construcție,

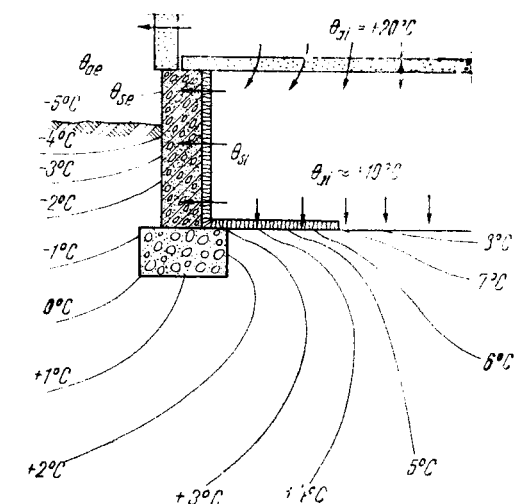


Fig. 9.17. Cîmpul termic în jurul părții inferioare a unei construcții.

valorile coeficientului de difuzivitate termică se pot considera constante iar ecuația (9.2) se scrie :

$$\frac{\partial \theta}{\partial t} = a_i \Delta(\theta). \quad (9.3)$$

Condițiile la limite se stabilesc după cum urmează :
— pe suprafețele în contact cu aerul :

$$(\theta_a - \theta_s)\alpha = -\lambda \frac{\partial \theta}{\partial n}; \quad (9.4)$$

— la contactul între două straturi de teren sau materiale i și $i+1$:

$$\lambda_i \left| \frac{\partial \theta}{\partial n} \right|_i = \lambda_{i+1} \left| \frac{\partial \theta}{\partial n} \right|_{i+1}, \quad (9.5)$$

unde: θ_a și θ_s sînt temperatura aerului, respectiv a suprafeței, în °C;
 α — coeficient de transfer termic prin convecție și radiație la suprafața în contact cu aerul, în W/m²K.

Se admite că temperatura aerului din încăperile subsolului construit (θ_{ai}) este cea impusă de condițiile de exploatare; temperatura aerului exterior θ_{ae} se consideră variabilă după o lege sinusoidală, de forma :

$$\theta_{ae} = \theta_{med} + A_{Te} \sin \omega t, \quad (9.6)$$

unde: θ_{med} este temperatura medie pentru perioada considerată, în °C;
 $2A_{Te}$ — amplitudinea oscilațiilor termice ale aerului, în °C;

$\omega = \frac{2\pi}{T_p}$, T_p — durata unei perioade termice (an, zi), în ore.

După cum se observă, prin modul de punere a condițiilor la limită se consideră că temperatura aerului deasupra terenului și în încăperile din clădire nu depinde de câmpul termic studiat. Aceasta este o aproximare a realității, pe baza căreia se pot aprecia condițiile efective de exploatare.

9.2.5.2. Stăbilitatea distribuției de temperatură în adîncime. Metodele analitice de calcul pot fi utilizate numai în cazul transmisiei unidirecționale și numai cînd terenul poate fi considerat omogen. Ecuația (9.3) se scrie :

$$\frac{\partial \theta}{\partial t} = a \frac{\partial^2 \theta}{\partial z^2}, \quad (9.7)$$

în care z reprezintă direcția verticală. Soluția este :

$$\theta_{(z,t)} = A e^{-\frac{z}{h}} \sin\left(\omega t - \frac{z}{h}\right) + \theta_{med}, \quad (9.8)$$

unde :

$$h = \sqrt{\frac{2a}{\omega}}. \quad (9.9)$$

Se constată că amplitudinea scade repede cu adîncimea reprezentînd 1% din cea de la suprafață la 0,75 m dacă perioada este de 24 ore și la 10 m dacă perioada este de 12 luni. În consecință, pentru condițiile de exploatare ale infrastructurii nu prezintă interes decît variațiile sezoniere de temperatură. La adîncimea

de 10...12 m, indiferent de sezon, pe întregul teritoriu al țării noastre temperatura poate fi considerată constantă, egală cu 10°C.

Pentru stăbilitatea câmpului termic în terenul de fundație și în infrastructură (v. fig. 9.17), problema plană poate fi soluționată numai prin metode aproximative folosind calculul numeric sau modele analogice, ca și pentru punțile termice. Metoda modelării electrice cu rețea de rezistențe și capacități apare cea mai indicată. Prin alegerea scării de modelare în mod convenabil, perioada fenomenului electric se reduce la fracțiuni de secundă astfel încît fenomenul repetitiv poate fi observat pe ecranul unui osciloscop unde apare sub forma unei imagini staționare. Se stabilesc astfel amplitudinea și defazaajul variațiilor de temperatură în diverse puncte ale terenului de fundație și ale infrastructurii în comparație cu temperatura suprafeței.

9.2.5.3. Evaluarea pierderilor de căldură. Dacă se cunoaște câmpul de temperatură, pierderile de căldură pot fi ușor evaluate. În mod acoperitor acestea pot fi apreciate cu relația :

$$Q = (S_s k_s + S_p k_p) (\theta_{si} - \theta_t), \quad (9.10)$$

unde: Q este pierderea de căldură spre teren, în W;

S_s, k_s — suprafața, în m², respectiv coeficientul de transfer termic, în W/m²K pentru pardoseala aflată în contact cu terenul de fundație;

S_p, k_p — suprafața, în m², respectiv coeficientul de transfer termic, în W/m²K, pentru pereții exteriori aflați sub nivelul trotuarului;

$\theta_t = 10^\circ\text{C}$ — temperatura medie anuală a terenului de fundație.

În condițiile țării noastre, la clădiri civile nu se utilizează încă izolații termice pe suprafețele în contact cu pămîntul de fundație. STAS 6 472-74 prevede însă măsuri de corectare a punților termice, inclusiv a celor situate în punctul de întîlnire între pereții exteriori cu soclul și cu planșeul peste subsol, îmbunătățindu-se astfel condițiile de confort la parter și reducîndu-se pierderile de căldură (fig. 9.18 și 9.19).

În lipsa unor termoizolații și hidroizolații adecvate, terenul de fundație exercită o influență defavorabilă asupra condițiilor de confort higrotermic la primul nivel. Astfel, o pardoseală de mozaic va fi mai rece decît la alte paliere iar una impermeabilă din PVC dispusă pe beton va determina umezirea progresivă a suportului; drept urmare pardoseala se va dezlipi iar pereții vor deveni umezi (fig. 9.20).

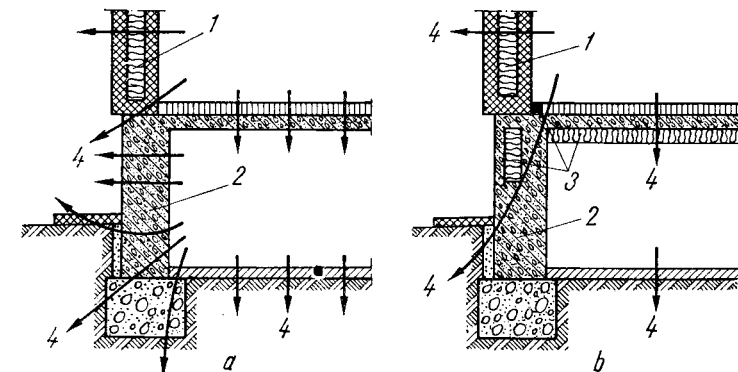


Fig. 9.18. Pierderi de căldură către soclu și teren :
a — soluție constructivă obișnuită; b — soluție îmbunătățită; 1 — panou prefabricat pentru pereții exteriori; 2 — soclu masiv; 3 — izolație termică suplimentară; 4 — flux termic.

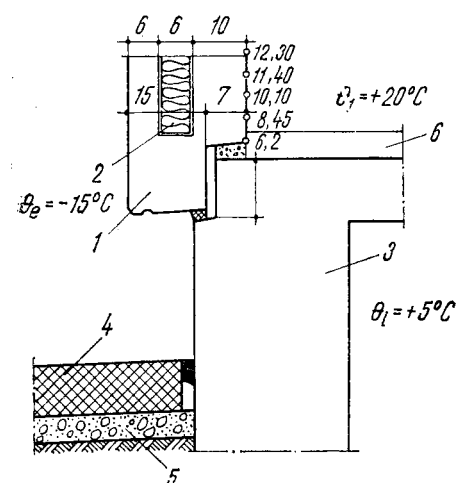


Fig. 9.19. Temperaturi în zona punții termice creată la rezemarea unui panou prefabricat sandviș pe soclu masiv:

1 — panou prefabricat pentru perete exterior; 2 — termoizolație la panoul exterior; 3 — soclu din beton; 4 — trotuar prefabricat; 5 — strat de poză din nisip; 6 — pardoseală.

Pentru reducerea pierderilor de căldură în construcții și pentru îmbunătățirea condițiilor de confort higrotermic la primul nivel, pot fi aplicate diverse soluții constructive (s-au utilizat în țările nordice):

— izolații termice la socluri și sub pardoselile în contact cu terenul de fundație (fig. 9.21);

— subsol construit cu izolație termică continuă la care se renunță la hidroizolațiile verticale dar se realizează în jur o umplutură cu teren permeabil (pietris) și se asigură respirația pereților, ceea ce determină un regim favorabil de umiditate (fig. 9.22);

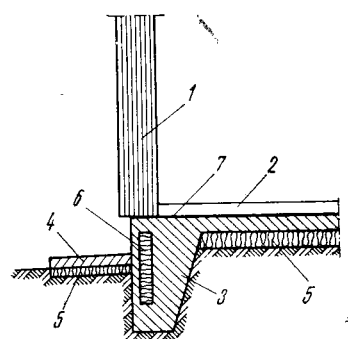


Fig. 9.21. Izolație termică la clădire de locuit cu pereți din panouri ușoare realizată în Suedia:

1 — perete cortină; 2 — pardoseală; 3 — fundație și soclu; 4 — trotuar; 5 — izolație termică din pislă minerală rigidă; 6 — izolație termică din polistiren celular; 7 — izolație hidrofugă.

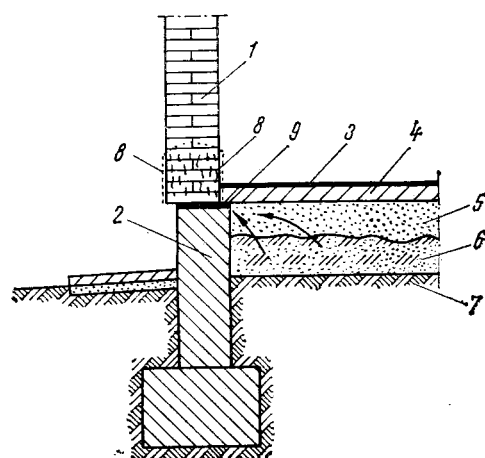


Fig. 9.20. Pardoseală din PVC pe suport de beton la parter, soluție constructivă necorespunzătoare: 1 — perete exterior; 2 — soclu; 3 — covor PVC lipit; 4 — beton simplu; 5 — strat de rupere a capilarității; 6 — umplutură compactată; 7 — teren de fundație; 8 — zonă umedă (igrasie); 9 — hidroizolație.

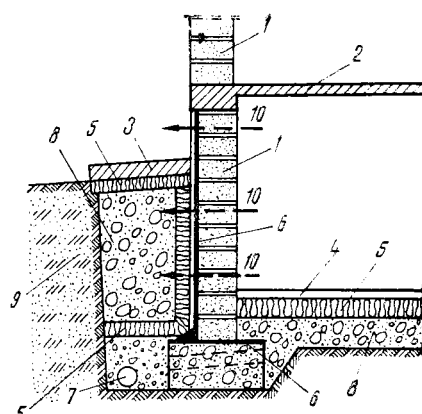
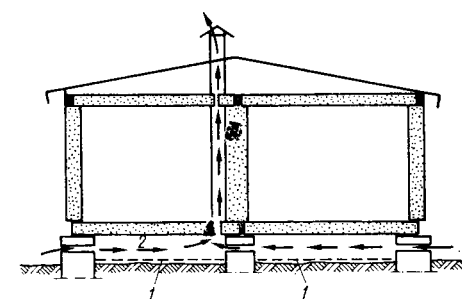


Fig. 9.22. Izolație termică la subsol locuibil [58]:

1 — perete din zidărie de beton celular autoclavizat; 2 — planșeu; 3 — trotuar; 4 — pardoseală; 5 — izolație termică din pislă minerală rigidă; 6 — izolație hidrofugă; 7 — tub drenant; 8 — pietris; 9 — teren compactat; 10 — direcția de migrație a vaporilor de apă.

Fig. 9.23. Îmbunătățirea condițiilor de confort higrotermic la clădiri cu subsol tehnic [40]:

1 — barieră de vapori (folie de polietilenă); 2 — aer circulant.



— subsoluri tehnice ventilate activ prin orificii lăsate în soclu și canale verticale ce favorizează tirajul; terenul este acoperit cu polietilenă ca barieră de vapori (fig. 9.23), iar planșeul este din elemente de beton ușor termizolatoare.

9.3. RECOMANDĂRI PRIVIND ALCĂTUIREA CONSTRUCTIVĂ A FUNDAȚIILOR

9.3.1. CONDIȚII GENERALE

Materialele folosite pentru realizarea fundațiilor sînt:

— beton simplu B 25 pentru umpluturi și egalizări, B 50 pentru elemente care nu sînt supuse la variații mari de umiditate și B 100 pentru fundații la clădiri cu mai multe niveluri cînd betonul este expus la variații de umiditate;

— beton armat B 150 pentru tălpi de fundație, cuzineți, radiere și rețele de grinzi, B 200 pentru fundații cu solicitări importante sau expuse la acțiuni dinamice și pentru elemente armate cu plase sudate.

Adîncimea de fundare trebuie să satisfacă condițiile impuse de normativul P 10—75 și de STAS 6 054—64 privind adîncimea de îngheț și trebuie astfel stabilită încît fundația să pătrundă cel puțin 20 cm în stratul de pămînt bun de fundare.

Dimensionarea de rezistență a fundațiilor se efectuează conform normativului P 10—75 luînd în considerare acțiunile exterioare la nivelul fundațiilor, presiunea admisibilă a pămîntului de fundare la nivelul considerat, tipul fundațiilor etc.

[9.3.2. FUNDAȚII CONTINUE

Aceste fundații se prevăd, de regulă, sub pereții portanți din zidărie sau din beton și mai rar sub stîlpi, cînd distanțele dintre aceștia nu sînt prea mari. Din punct de vedere al felului cum lucrează în sens transversal, aceste fundații pot fi:

— *rigide*, cu talpa din beton simplu și mai rar din beton ciclopian sau din zidărie, avînd secțiunea dreptunghiulară, evazată sau în trepte (fig. 9.24);

— *elastice*, cu talpa din beton armat (fig. 9.25);

— *centrice*, dispuse simetric sub pereți încărcăți axial;

— *excentrice*, la pereții de la rosturile de dilatație sau de tasare sau cînd sînt supuse la încărcări excentrice.

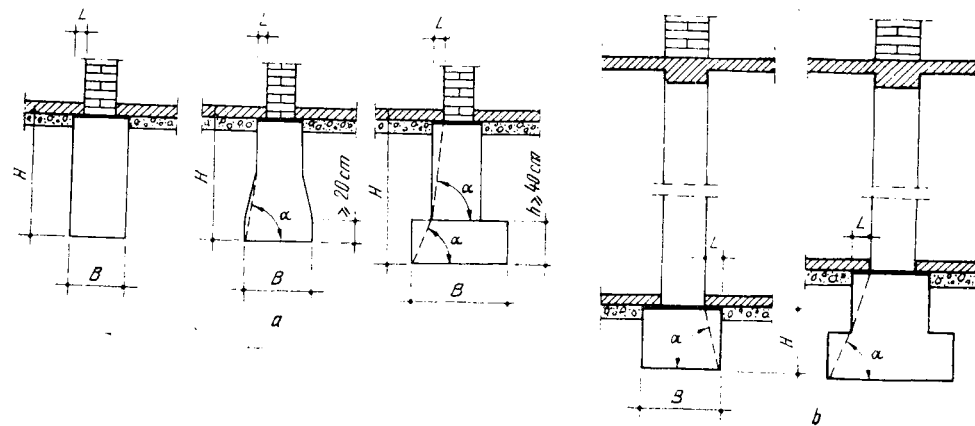


Fig. 9.24. Fundații continue rigide:
a - la clădiri fără subsol; b - la clădiri cu subsol.

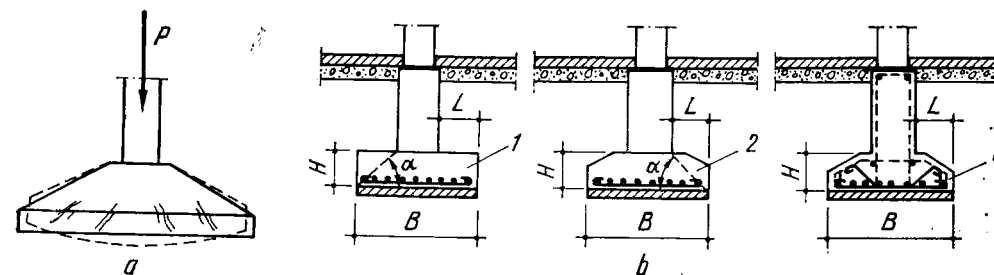


Fig. 9.25. Fundații continue elastice:
a - cedarea fundației prin solicitare la încovoire transversală; b - tipuri de fundații continue elastice; 1 - fundație elastică de formă prismatică; 2 - fundație continuă elastică cu muchii teșite; 3 - fundație continuă elastică sub formă de obelisc.

9.3.2.1. Fundații continue rigide. Aceste tipuri de fundații lucrează, în special, la eforturi de compresiune. Treptele fundației trebuie să aibă cel puțin 40 cm înălțime, iar tangenta unghiului α format de înălțimea treptelor și lățimea lor trebuie să satisfacă condițiile din tabelul 9.1, în funcție de presiunea sub talpa fundației și de marca betonului utilizat.

Verificarea presiunilor pe teren se face admitând o distribuție liniară. În cazul solicitărilor excentrice, fundația se va dimensiona astfel încât rezultanta tuturor

Tabelul 9.1

Presiunea maximă pe teren, în daN/cm ²	Valorile minime ale tg α pentru beton de marca:		
	B 50	B 100	B 150
$p \leq 2$	1,3	1,1	1,0
$p = 3$	1,6	1,3	1,1
$p = 4$	1,8	1,5	1,3
$p = 6$	—	1,8	1,6

forțelor să se mențină în treimea mijlocie a bazei, pentru ca întreaga ei lățime să participe la transmiterea presiunilor pe teren. Când această condiție nu poate fi satisfăcută, se va considera în calcul numai lățimea activă a fundației (partea sub care se dezvoltă presiuni). Urmărind figura 9.26, în cazul când rezultanta acționează în limitele simbului central, presiunea efectivă p_{ef} este:

$$p_{ef} = \frac{P}{100 l} \left(1 \pm \frac{6e}{l} \right), \quad (9.11)$$

iar în cazul când acționează în afara simbului central:

$$p_{ef} = \frac{2}{3} \frac{P}{100 e'} = \frac{4P}{300a} \approx 1,33 \frac{P}{100a}. \quad (9.12)$$

Reiese că evazarea asimetrică a tălpii a făcut să crească cu 33% presiunea care apare în cazul când talpa ar avea chiar lățimea peretelui, adică a :

$$p_{ef} = \frac{P}{100a}. \quad (9.13)$$

Deformațiile transversale ale terenului și fundației, ca urmare a aplicării excentrice a rezultantei, au un efect favorabil, contribuind la deplasarea rezultantei spre centrul fundației. Acest efect poate fi luat în considerație, cu condiția ca peretele ce sprijină pe fundație să fie legat la partea superioară fie prin prezența unui planșeu cu centură, fie prin pereți transversali dispuși la cel mult 6 m distanță.

Cele arătate până aici se referă numai la solicitările care apar în planul transversal al fundațiilor continue, fără a lua în considerație posibilitatea unor solicitări în lungul tălpii ca urmare a unor tasări neuniforme. În asemenea situații:

— dacă se prevăd tasări inegale mici, se realizează fundații cu rigiditate sporită (fig. 9.27) întărite cu centuri;

— dacă se prevăd tasări neuniforme importante se prevăd posibilități de conlucrare a fundației cu pereții subsolului și se efectuează un calcul privind conlucrarea întregii structuri. Lungimile se limitează prin rosturi.

Pentru a diminua posibilitățile de apariție a unor eforturi suplimentare, ca în cazul pământurilor de fundație cu contracții mari sau sensibile la umiditate, se pot prevedea umpluturi de pământ compactat, stabilizat etc., precum și măsuri speciale de împiedicare a infiltrațiilor de apă în teren (fig. 9.28).

9.3.2.2. Fundații continue elastice. Aceste fundații lucrează la încovoire transversală și se recomandă atunci când, din cauza nivelului ridicat al apelor subterane, se impun adâncimi mici de fundare, dar încărcările fiind mari, talpa trebuie să aibă o lățime mare (fig. 9.29). Fiind armate, aceste fundații se dispun pe un strat de beton de egalizare B 25, în grosime de 5...10 cm. Pentru asigurarea rigidității, fundațiile continue elastice se realizează astfel încât înălțimea tălpii H , măsurată la baza peretelui, raportată la lățimea tălpii B , să satisfacă condițiile din tabelul 9.2. și din figura 9.30.

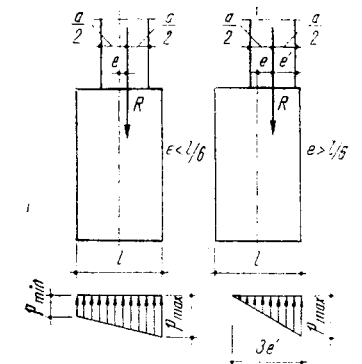


Fig. 9.26. Fundații solicitate excentric:

a - cu rezultanta încărcărilor în interiorul simbului central; b - cu rezultanta încărcărilor în afara simbului central.

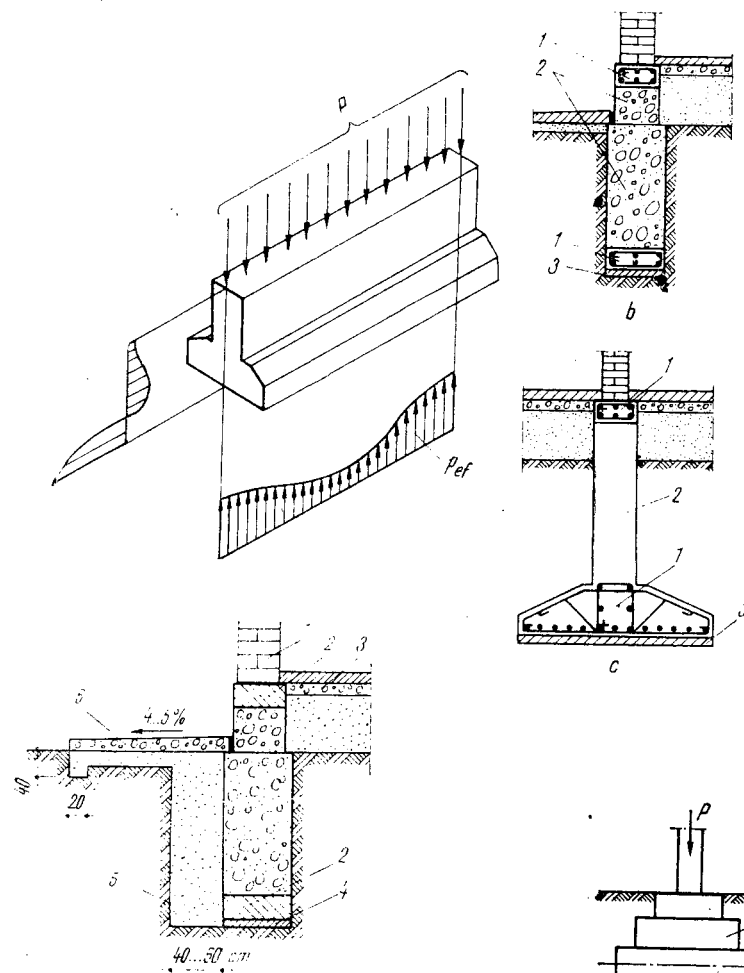


Fig. 9.28. Fundații în pământuri cu contracții mari:

1 - perete exterior; 2 - centură din beton armat; 3 - soclu din beton simp. u; 4 - beton de egalizare; 5 - pământ stabilizat; 6 - trotuar din beton.

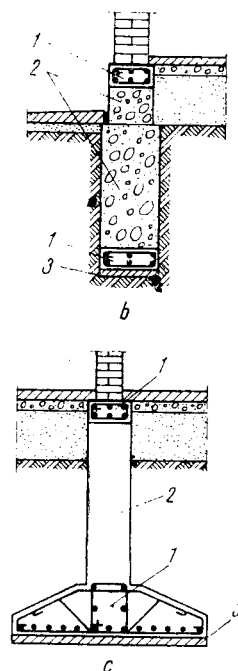


Fig. 9.27. Fundații solicitate longitudinal:

a - distribuția eforturilor în lungul fundațiilor; b, c - fundații întărite cu centuri din beton armat; 1 - centuri armate; 2 - beton în elevație; 3 - beton de egalizare.

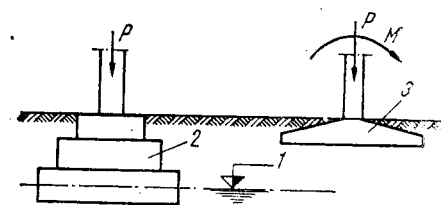


Fig. 9.29. Stabilirea tipului de fundație în raport cu nivelul pinzei de apă și cu natura eforturilor transmise de suprastructură:

1 - nivelul apei subterane; 2 - fundație din beton simplu; 3 - fundație din beton armat.

Tabelul 9.2

Presiunea maximă pe teren, în daN/cm ²	Valori (H/B) peste care nu mai este necesară verificarea fundației la eforturi principale		$\frac{H}{B}$ minim
	B 100	B 150	
1	0,20	0,20	0,20
2	0,21	0,21	0,21
3	0,23	0,22	0,22
4	0,26	0,23	0,23
5	0,28	0,26	0,24
6	0,30	0,28	0,25

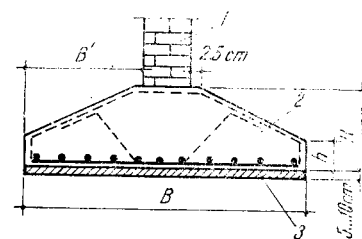


Fig. 9.30. Fundație continuă elastică: 1 - perete exterior; 2 - talpă elastică din beton armat; 3 - beton de egalizare.

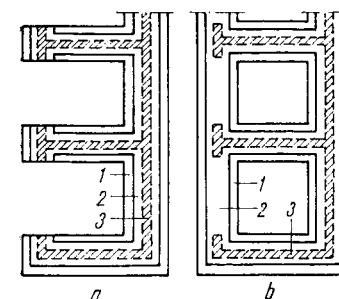


Fig. 9.31. Dispunerea fundațiilor sub diafragme:

a - greșit; b - corect; 1 - talpă; 2 - soclu; 3 - diafragmă.

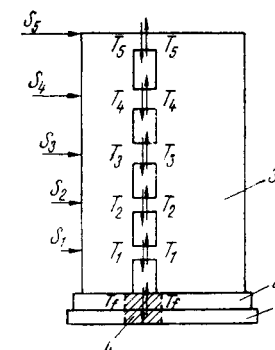


Fig. 9.32. Fundația unei diafragme cu goluri:

1 - talpă; 2 - soclu; 3 - diafragmă cu goluri pentru uși sau ferestre; 4 - zonă de solicitare la forfecare și încovoiere; $S_1, \dots, S_5$ - forțe seismice de nivel; $T_1, \dots, T_5$ - forțe tăietoare la nivelul fundațiilor; $T_1, \dots, T_5$ - forțe tăietoare de nivel.

Verificarea presiunilor pe teren se efectuează ca și pentru fundațiile continue rigide cu relațiile (9.11) și (9.12).

9.3.2.3. Fundații continue la structuri cu diafragme. Aceste fundații conlucrează direct cu structura de rezistență a suprastructurii. Pentru asigurarea legăturii, fundațiile se prevăd la partea superioară cu centuri și cu mustăți care pătrund în pereți. În plan, fundațiile trebuie să prezinte forma unor contururi închise fără terminații libere (fig. 9.31, b).

Zonele de fundații situate sub golurile de la primul nivel se verifică la presiunea terenului de jos în sus. În cazul când există mai multe goluri pe aceeași verticală, zona de fundație se verifică la forța tăietoare rezultată din ansamblul diafragmei ținând seama de acțiunea forțelor orizontale (fig. 9.32).

9.3.3. FUNDAȚII IZOLATE

Fundațiile izolate se utilizează la clădirile cu elemente verticale de rezistență sub formă de stâlpi și se realizează rigide sau elastice ca și cele continue.

9.3.3.1. Fundații izolate rigide. Aceste fundații sînt constituite dintr-un cuzinet de beton armat și un bloc din beton simplu care lucrează la compresiune (fig. 9.33); condițiile de rigiditate sînt identice cu cele pentru tălpi continue

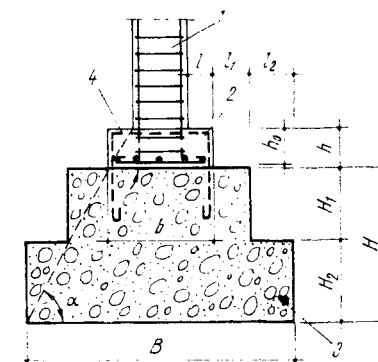


Fig. 9.33. Fundație izolată rigidă:

1 - stîlp; 2 - cuzinet din beton armat; 3 - bloc din beton simplu; 4 - ancoraj.

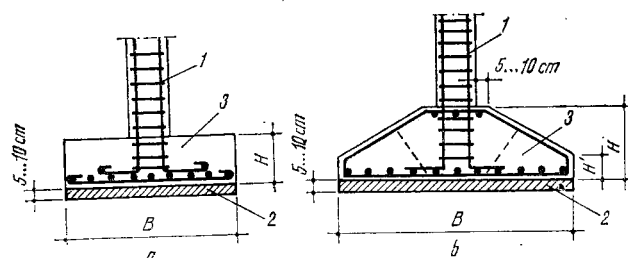


Fig. 9.34. Tipuri de fundații izolate elastice:

a - prismatică; b - obelisc; 1 - stîlp; 2 - beton de egalizare; 3 - talpă armată.

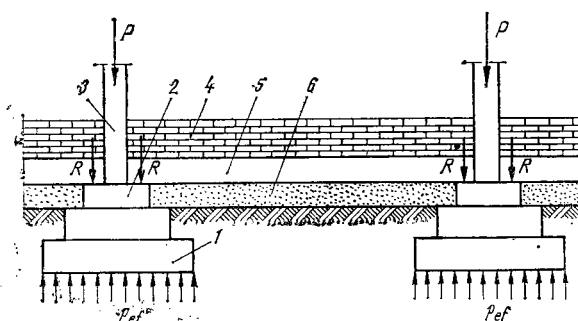


Fig. 9.35. Fundarea pereților în cazul tălpilor izolate:

1 - bloc; 2 - cuzinet; 3 - stîlp; 4 - zidărie; 5 - grindă de fundație din beton armat (monolit sau element prefabricat); 6 - umplutură compresibilă.

rigide (v. tab. 9.1). Necesitînd un consum redus de oțel și cofraje, fundațiile izolate rigide se recomandă atunci cînd nivelul apei subterane este sub adîncimea de fundare și cînd stîlpii nu transmit momente încovoietoare importante.

9.3.3.2. Fundații izolate elastice. Aceste fundații sînt indicate atunci cînd stîlpii transmit momente încovoietoare importante și cînd pinza de apă subterană se află la adîncime redusă.

În cazul cînd suprafața bazei este de cel mult un m^2 , se recomandă realizarea unei fundații prismatice (fig. 9.34, a), iar cînd suprafața bazei este mai mare decît un m^2 , se recomandă o fundație de tip obelisc (fig. 9.34, b). Pentru asigurarea rigidității minime, fundațiile se proiectează astfel încît să fie respectate rapoartele dintre dimensiunile în plan ale funcției și înălțimea ei, indicate în tabelul 9.2.

La clădirile cu fundații izolate, este indicat ca pereții să transmită încărcarea lor aceluiași fundații ca și stîlpii, pentru a se asigura uniformitatea tasărilor structurii. În acest scop, pereții reazemă pe grinzi de fundație ale căror capete sprijină pe fundațiile izolate (fig. 9.35).

9.3.4. FUNDAȚII PE REȚELE DE GRINZI ȘI RADIERE

9.3.4.1. Fundații pe rețele de grinzi. Se recomandă numai în cazuri speciale și anume:

— cînd compresibilitatea pronunțată a terenului impune o rigidizare puternică a construcției la nivelul fundației, imposibil de realizat prin centuri și alte elemente mai simple;

— cînd evazarea fundațiilor izolate este împiedicată din cauza unui obstacol continuu paralel cu șirul de stîlpi.

Rețeaua de grinzi leagă între ei toți stîlpii în ambele direcții, oferind în același timp o suprafață mare de rezemare pe teren. Consumurile de armături și cofraje

fiind mari, acest sistem trebuie aplicat numai în baza unei analize tehnico-economice.

9.3.4.2. Radiere. Radierele de beton armat se recomandă în următoarele cazuri:

— cînd se urmărește o rigidizare generală a întregii infrastructuri care este amplasată pe terenuri compresibile și neuniforme;

— cînd pereții subsolului și planșeu peste subsol trebuie să formeze împreună cu fundația o cutie spațială rigidă.

Radierul lucrează ca un planșeu invers. În raport cu tipul de structură adoptat pentru clădire, cu distribuția încărcărilor și cu cerințele de ordin funcțional la subsol, se pot adopta diverse soluții: radier placă dreaptă, radier cu grinzi, radier planșeu ciupercă etc.

9.3.5. TASĂRILE INEGALE ȘI EFECTUL LOR ASUPRA STRUCTURII DE REZISTENȚĂ

Unul din aspectele interacțiunii teren-clădire se referă la eforturile cauzate de tasările neuniforme care pot fi determinate de neuniformitatea pămîntului sub clădire (fig. 9.36), de modul cum este încărcat pămîntul de către clădire (fig. 9.37), de variațiile de umiditate ale terenului de fundație și de fenomene de îngheț-dezghet.

Tasările neuniforme conduc la încărcarea suplimentară a structurii de rezistență și ca urmare, capacitatea portantă este redusă, apar fisuri și uneori avarii însemnate. Aceste efecte sînt mai puternic simțite la clădirile cu structură rigidă decît la cele flexibile care se adaptează mai ușor tasărilor neuniforme.

Pentru a evita apariția tasărilor neuniforme trebuie urmărită, pe cît posibil, o repartitie uniformă a încărcărilor pe teren, apoi se analizează starea de eforturi și deformații a ansamblului clădire-teren. După o predimensionare inițială,

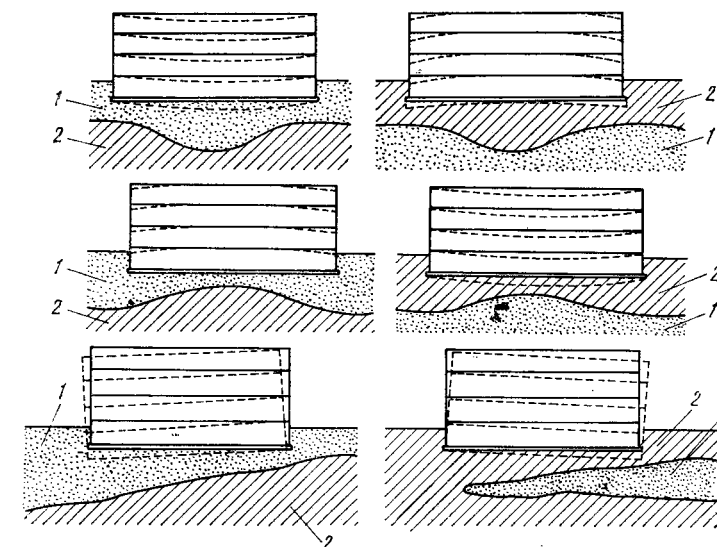


Fig. 9.36. Tasări neuniforme provocate de stratificarea terenului de fundație:

1 - teren compresibil; 2 - teren cu compresibilitate redusă.

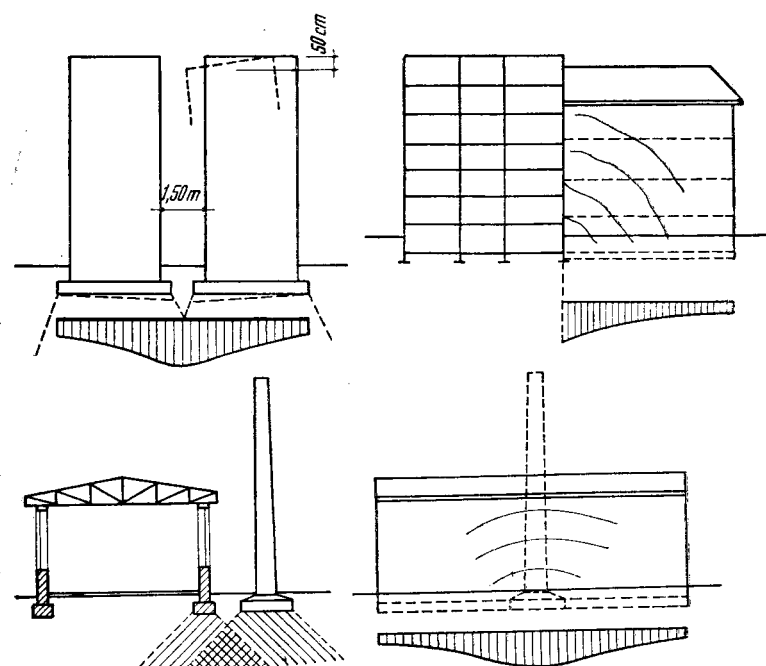


Fig. 9.37. Tasări neuniforme cauzate de încărcarea inegală a pământului de fundație.

în cadrul căreia fundațiile, terenul și suprastructura sînt privite independent, se trece la o nouă etapă de calcul în cadrul căreia se ține seamă de conlucrarea dintre suprastructură și infrastructură, apoi de cea dintre infrastructură și teren. Se procedează prin aproximații succesive, avînd în vedere condițiile de continuitate a deformațiilor atît la nivelul de contact teren-fundație cît și la nivelul legăturii infrastructurii cu suprastructura.

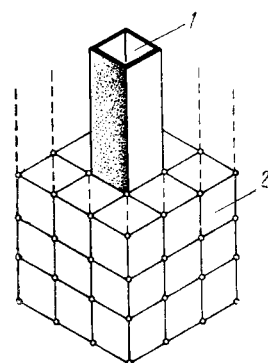


Fig. 9.38. Structură mixtă care se adaptează la tasări diferențiate:
1 — turn central rigid; 2 — elemente prefabricate articulate, amplasate perimetral.

În general, atunci cînd există posibilitatea unor tasări inegale greu de evitat, sînt mai avantajoase structurile elastice cu posibilități mari de adaptare la aceste tasări inegale (fig. 9.38). În același sens favorabil acționează și introducerea unor rosturi de tasare între tronsoane (fig. 9.39). Dacă, totuși, din alte considerente, clădirea se proiectează cu o structură unitară rigidă, de exemplu cu diafragme din beton armat, atunci infrastructura trebuie concepută astfel încît să prezinte și ea o rigiditate cît mai mare. Subsolvul construit împreună cu fundația se vor comporta ca o cutie rigidă situată deasupra zonelor cu teren compresibil (fig. 9.40).

În ansamblu, structura de rezistență trebuie să limiteze pe cît posibil tasările neuniforme și efectele lor. Clădirile proiectate astfel trebuie să fie divizate prin rosturi verticale care străbat fundațiile și care permit deplasări libere ale fiecărui tronson în parte.

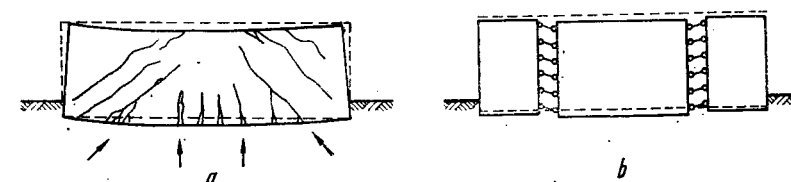
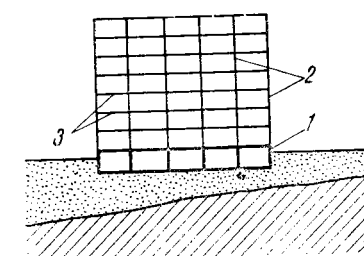


Fig. 9.39. Construcție cu structură rigidă amplasată pe pămînturi cu tasări inegale:
a — construcție fără rosturi de tasare care a suferit efectul tasărilor inegale; b — construcție separată în tronsoane cu rosturi de tasare.

Fig. 9.40. Structură spațială cu rigiditate sporită:

1 — subsol rigid; 2 — diafragme din beton armat;
3 — planșee din beton armat.



Capitolul 10

HIDROIZOLAȚII LA FUNDAȚII ȘI SUBSOLURI

10.1 FUNCȚIUNILE HIDROIZOLAȚIILOR

Apa în exces exercită acțiuni defavorabile asupra construcțiilor cauzînd igrasie, mucegai, putrezire, variații de volum, modificări ale caracteristicilor mecanice ale materialelor, reducerea capacității de izolare termică, degradări prin îngheț-dezgheț, coroziune etc. Din această cauză, clădirile se protejează împotriva infiltrațiilor de apă prin lucrări de etanșare denumite *izolații hidrofuge* sau *hidroizolații*, realizate cu materiale impermeabile la apă. Hidroizolațiile la fundații și subsoluri previn umezirea clădirii din surse aflate în terenul de fundație ori la suprafața acestuia.

La proiectarea și executarea hidroizolațiilor infrastructurii se ține seama că acestea sînt lucrări ascunse, greu de controlat și reparat, astfel încît trebuie să prezinte condiții superioare de calitate și o durabilitate mare, egală în principiu cu cea de exploatare a construcției. Prescripțiile tehnice privind lucrările de hidroizolații la fundații și subsoluri sînt cuprinse în normativul C 112—70 și STAS 2 355-63.

10.2 CLASIFICAREA HIDROIZOLAȚIILOR

Hidroizolațiile se clasifică în raport cu:

- sursa de umezire și modul de acțiune al apei;
- materialele utilizate și capacitatea lor de a se adapta deformațiilor infrastructurii, fără a se degrada.

10.2.1. CLASIFICAREA HIDROIZOLAȚIILOR ÎN RAPORT CU SURSA DE UMEZIRE ȘI MODUL DE ACȚIUNE AL APEI

În raport cu sursele de umezire și cu modul de acțiune al apei, prezentate la punctul 9.2.4, hidroizolațiile se clasifică în:

- *hidroizolații care împiedică absorbția apei din terenul de fundație* în zona superioară a acestuia unde porii sînt parțial plini cu apă (aceste hidroizolații sînt denumite hidroizolații împotriva umidității pămîntului);
- *hidroizolații împotriva apelor fără presiune hidrostatică*, dispuse în zona de ascensiune capilară mai puternică a terenului de fundație, dar deasupra nivelului maxim al pînzei freatice;
- *hidroizolații împotriva apelor cu presiune hidrostatică*, dispuse sub nivelul maxim al pînzei freatice sau în pămînturi cu permeabilitate redusă care favorizează formarea pungilor de apă din infiltrațiile apelor meteorice.

10.2.2. CLASIFICAREA HIDROIZOLAȚIILOR ÎN RAPORT CU MATERIALELE UTILIZATE ȘI CU CAPACITATEA DE A SE ADAPTA DEFORMAȚIILOR INFRASTRUCTURII

În raport cu materialele utilizate pentru obținerea etanșeității față de apă, tipurile principale de hidroizolații sînt cele prezentate în schema din figura 10.1, care se pot grupa astfel:

- hidroizolații realizate din beton sau mortar impermeabil sau din foi de oțel sudate considerate *rigide* deoarece modulul de elasticitate al materialului folosit este egal sau superior celui al elementelor de construcție cu care conlucrează mecanic (fundații, pereți, socluri). Atunci cînd li se impun deformații care conduc la depășirea rezistențelor lor de rupere, aceste hidroizolații fisurează permițînd infiltrarea apelor;
- hidroizolații din masticuri bituminoase, foi de plumb, materiale plastice sau argile, considerate *plastice* datorită proprietății de a se adapta la deformațiile lente ale stratului suport. În cazul solicitărilor bruște și în cazul solicitărilor alternative, aceste hidroizolații se rup;
- hidroizolații pe bază de produse bituminoase armate cu materiale în suluri care prezintă cele mai favorabile proprietăți de adaptare la variațiile dimensionale ale stratului suport și de rezistență la întindere. Aceste hidroizolații se numesc *elastice* și sînt cele mai des folosite.

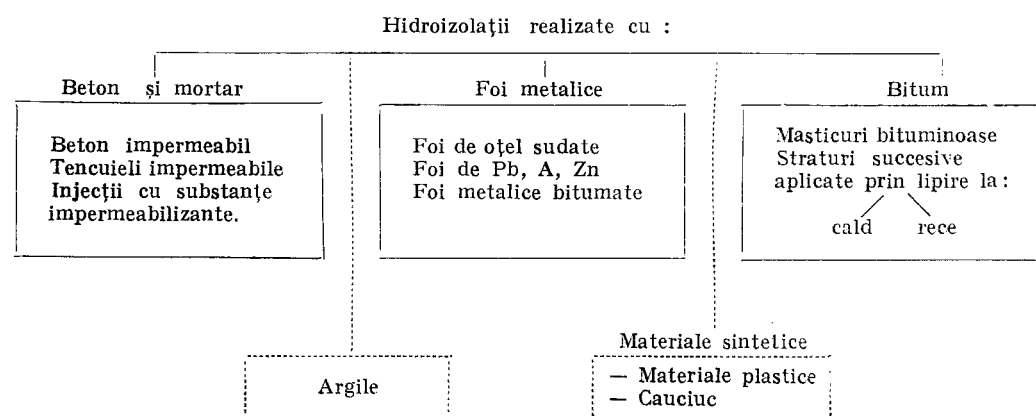


Fig. 10. 1. Tipuri de hidroizolații.

10.3. MATERIALE PENTRU HIDROIZOLAȚII LA FUNDAȚII ȘI SUBSOLURI

La realizarea hidroizolațiilor se folosesc materiale de etanșare (bitumuri, mase bituminoase, foi impermeabile etc.), materiale pentru armarea straturilor de etanșare (foi și țesături impregnate) și materiale auxiliare (filer de calcar, cenușă de termocentrală, ciment, benzină, benzi de tablă, chituri, nisip etc.).

10.3.1. BITURILE

Majoritatea lucrărilor de hidroizolație în construcții se realizează cu bitum care este practic impermeabil la apă, deși o absoarbe în cantități mici și se umflă (fig. 10.2), tendință care poate fi redusă prin dispunerea bitumului astfel încît să fie comprimat între două suprafețe rigide [66].

Proprietățile mecanice și de deformabilitate ale biturilor depind de temperatură; astfel, la temperaturile obișnuite de exploatare a fundațiilor, biturile au o comportare viscoasă și sub acțiunea îndelungată a eforturilor tangențiale aplicate direct sau rezultate din compresiunea exercitată la fețele de contact, curg lent fără a-și mai reveni la forma inițială după încetarea încărcării (fig. 10.3). Această tendință, care poate fi anihilată prin dispunerea bitumului într-un locaș închis, delimitat de fețe rigide, se accentuează la temperaturi mai ridicate, proprietate pe care se bazează punerea în operă a bitumului în stare fluidă prin metoda la cald. Dimpotrivă, la solicitări bruște și la temperaturi scăzute, bitumul se comportă ca un material casant.

Ținînd seamă de condițiile normale de temperatură la punerea în operă și de cele din exploatare, prescripțiile tehnice recomandă ca pentru hidroizolații la fundații și subsoluri să se utilizeze bitum industrial tip *B* și *C*, bitum pentru drumuri tip *G*, bitumuri oxidate *MA* și *MFT* și bitum *MC* cu adaos de cauciuc, avînd punctul de înmuiere la temperaturi de peste 65...75°C.

10.3.2. MASELE BITUMINOASE

Acestea sînt de două feluri:

- *soluții bituminoase* (bitum tăiat) din bitum dizolvat în solvenți organici (benzină auto CO 75, white-spirit A și C) în proporție de 30...70% bitum și restul solvent;
- *masticuri bituminoase* din bitum topit cu cel mult 30% materiale inerte de umplură (filer de calcar, cenușă de termocentrală etc).

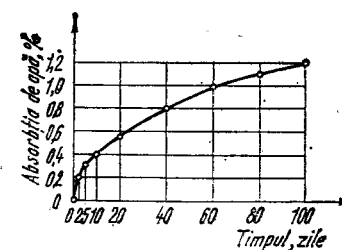


Fig. 10.2. Absorbția apei de către bitum în funcție de timp.

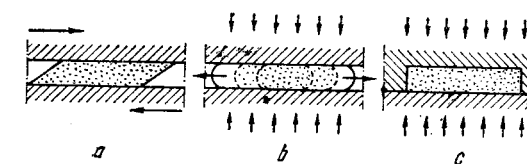


Fig. 10.3. Comportarea hidroizolației bituminoase sub acțiunea unor forțe exterioare:
a; b — masa bituminoasă curge; c — curgerea este împiedicată prin închiderea masei bituminoase între pereți rigizi.

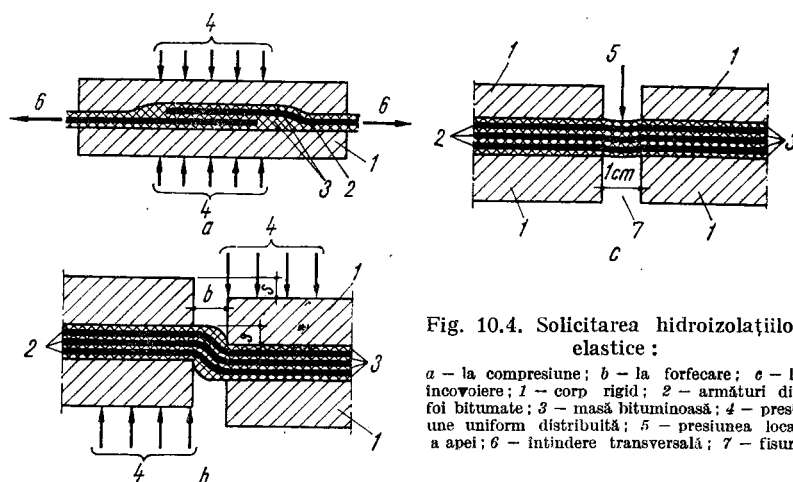


Fig. 10.4. Solicitarea hidroizolațiilor elastice :

a — la compresiune; b — la forfecare; c — la încoșiere; 1 — corp rigid; 2 — armături din foi bitumate; 3 — masă bituminoasă; 4 — presiune uniform distribuită; 5 — presiune locală a apei; 6 — întindere transversală; 7 — fisură.

Soluțiile bituminoase sînt folosite pentru amorsarea stratului suport pe care urmează a se aplica celelalte straturi ale hidroizolației. Stratul suport trebuie să fie perfect uscat cînd se aplică soluția de amorsaj iar temperatura exterioară trebuie să nu fie sub $+5^{\circ}\text{C}$.

Masticurile bituminoase au punctul de înmuiere la temperaturi de peste $65...75^{\circ}\text{C}$ fiind utile pentru etanșări și lipirea straturilor hidroizolației prin aplicare la cald (în stare topită), pe suport uscat, cînd temperatura exterioară nu coboară sub $+5^{\circ}\text{C}$.

10.3.3. FOILE BITUMATE

Acestea pot fi cartoane bitumate pe suport de celuloză, împislitură din fibră de sticlă bitumată sau pinză bitumată cu suport din fibre organice țesute.

Masele bituminoase nu pot prelua singure eforturile la care sînt supuse în timpul exploatării și din această cauză se armează. Ansamblul masă bituminoasă-foi bitumate dispuse în straturi alternative are proprietăți îmbunătățite, se comportă bine la eforturi de compresiune, întindere și forfecare continuînd să reziste chiar și atunci cînd elementul suport a fisurat (fig. 10.4).

10.4 ALCĂTUIREA HIDROIZOLAȚIILOR

10.4.1. INDICAȚII GENERALE

La proiectarea hidroizolațiilor pentru fundații și subsoluri se iau în considerare următorii parametrii principali :

— destinația încăperilor situate la partea inferioară a clădirii (camere de locuit, depozite, sală de mașini, subsol tehnic), cu gradul de umiditate cerut de condițiile de exploatare;

- sursele de umezire, durata, nivelul și modul de acțiune al apei (permanentă, temporară, presiunea hidrostatică și eventual agresivitatea chimică);
- deformabilitatea de ansamblu și locală a sistemului structură de rezistență
- fundație — teren;
- caracteristicile terenului de fundație;
- înclinarea suprafețelor hidroizolate;
- condițiile impuse de procesul tehnologic de execuție.

La alegerea tipului de hidroizolație și a sistemului constructiv se ține seama că :

- hidroizolațiile elastice alcătuite din mai multe straturi armate oferă cele mai bune condiții de protecție, siguranță și economicitate;

— un minim de trei foi bitumate între patru straturi de mastic bituminos protejează construcția chiar și în cazul cînd suportul hidroizolației prezintă fisuri limitate;

— hidroizolațiile pe bază de bitum pot constitui un strat de alunecare între elementele de construcție și deci nu trebuie ca hidroizolațiile elastice să întrerupă continuitatea structurii de rezistență;

— încărcările limitate pe care le pot prelua hidroizolațiile trebuie să acționeze perpendicular pe planul acestora și să fie uniform distribuite;

— hidroizolațiile elastice nu trebuie supuse la eforturi de întindere sau forfecare iar eforturile de compresiune să fie de cel puțin $0,1 \text{ daN/cm}^2$ și de cel mult 5 daN/cm^2 ;

— hidroizolațiile pe bază de bitum trebuie să fie înconjurată din toate părțile de elemente rigide astfel încît masa de bitum să nu poată fi expulzată;

— straturile suport și de protecție a hidroizolațiilor trebuie să împiedice perforarea sau ruperea acestora;

— temperatura de exploatare nu trebuie să depășească 40°C , rămînînd cu 30°C sub punctul de înmuiere al masei bituminoase.

10.4.2. HIDROIZOLAȚII CARE ÎMPIEDICĂ ABSORBȚIA APEI DIN PĂMÎNT

Elementele de construcție aflate în pămînt, deasupra zonelor de ascensiune capilară continuă, absorb apa în virtutea gradientului de umiditate, chiar dacă în zona respectivă de teren nu se formează pungi de apă. Măsurile recomandate pentru protecția construcției împotriva umidității pămîntului sînt următoarele :

— prevenirea acumulărilor de apă în terenul de lîngă clădire prin dispunerea unui strat filtrant din pietriș și a unor drenuri (fig. 10.5);

— realizarea unor straturi de izolație hidrofugă orizontală sub pereții interiori și exteriori (fig. 10.6 și 10.7) cu una sau două sau trei straturi de mastic bituminos;

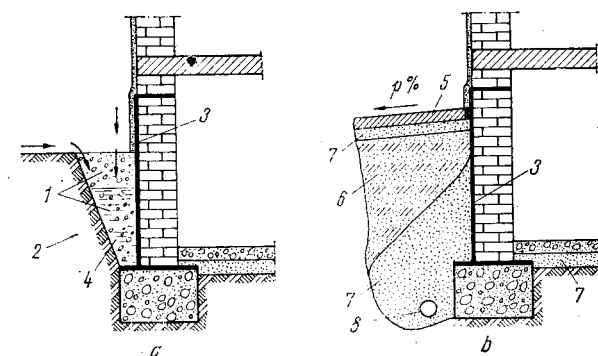


Fig. 10.5. Prevenirea acumulărilor de apă lîngă clădire :

a — soluție necorespunzătoare; b — soluție corespunzătoare; 1 — teren permeabil; 2 — teren impermeabil; 3 — hidroizolație; 4 — pinză de apă; 5 — trotuar; 6 — teren compactat; 7 — umplutură de pietriș (strat filtrant); 8 — dren colector.

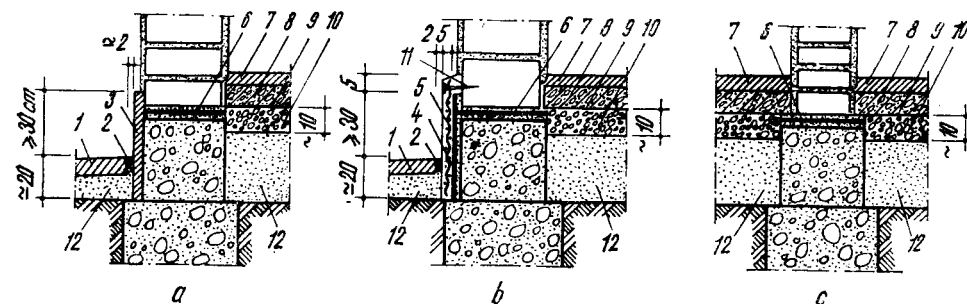


Fig. 10.6. Hidroizolații la clădiri fără subsol:

a; b - variante pentru hidroizolarea soclului exterior; c - hidroizolarea peretelui interior; 1 - trotuar; 2 - rost umplut cu mastic de bitum; 3 - tencuială impermeabilă la soclu; 4 - hidroizolație verticală a soclului cu materiale bituminoase; 5 - protecția izolației soclului cu mortar marca 100 armat cu rabiț sau plăci impermeabile; 6 - hidroizolație orizontală a peretelui; 7 - pardoseală; 8 - strat-suport al pardoseli; 9 - strat de separare din hirtie Kraft sau carton; 10 - strat de rupere a capilarității din pietriș; 11 - cîrlig de ancorare a hidroizolației; 12 - umplutură.

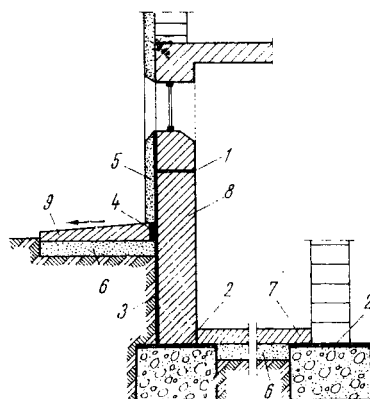


Fig. 10.7. Hidroizolație la clădire cu demisol nelocuit:

1; 2 - hidroizolație orizontală din două straturi de carton bitumat și straturi de mastic de bitum; 3 - hidroizolație verticală cu bitum aplicat prin vopșire; 4 - dop de mastic bituminos; 5 - soclu tencuit; 6 - strat de pietriș pentru ruperea capilarității; 7 - pardoseală; 8 - perete din beton; 9 - trotuar; NA - nivelul maxim al apelor subterane.

— dispunerea unui strat de întrerupere a capilarității sub pardoseala primului nivel executat din pietriș și eventual a unei izolații hidrofuge orizontale;

— realizarea unei izolații hidrofuge verticale din materiale bituminoase, dimensionată în raport cu destinația încăperii, pe întreaga suprafață a peretelui exterior, inclusiv pe soclu.

Importanța hidroizolației (natura și numărul straturilor ce o compun, dacă se continuă sub pardoseală sau nu) depinde de exigențele impuse pentru spațiul util. Astfel, dacă în demisol sînt locuințe, se prevăd două sau trei straturi de carton asfaltat și trei sau patru straturi de mastic bituminos, dispuse continuu sub pardoseli și pereți precum și pe suprafețele exterioare aflate în contact cu pămîntul.

Straturile verticale de hidroizolare a construcțiilor împiedică umezirea cu apa provenită din exterior, însă nu permit respirația naturală a pereților; din această cauză, vaporii de apă care rezultă din procesul funcțional din cadrul încăperilor nu pot fi eliminați prin pereți, fiind treptat acumulați în elementele de construcție. Singurul proces care se poate opune acestei tendințe este ventilația naturală sau artificială a încăperilor. Vara ventilația naturală nu poate avea loc deoarece aerul din încăperi este mai rece decît cel din exterior, existînd chiar condiții favorabile pentru condens. Umezirea crescîndă a spațiilor din

Fig. 10.8. Clădire cu subsol locuit, moduri complexe de combatere a umezirii progresive:

1 - hidroizolație orizontală și verticală din două straturi de carton bitumat și trei straturi de mastic bituminos; 2 - strat de protecție a izolației verticale; 3 - strat din pietriș pentru ruperea capilarității; 4 - strat suport al hidroizolației orizontale; 5 - strat de protecție a hidroizolației orizontale și pardoseala subsolului; 6 - zidărie mixtă din beton și cărămidă; 7 - uși de ventilare; 8 - radiator; NA - nivelul maxim al apelor subterane.

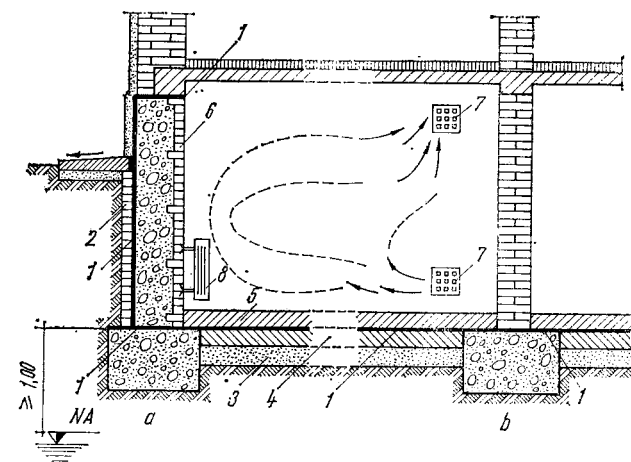
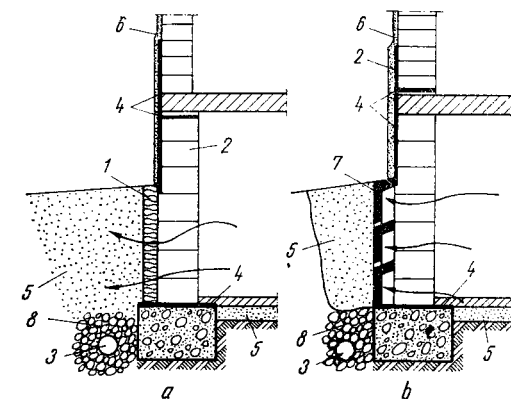


Fig. 10.9. Perete de subsol fără hidroizolație verticală pe înălțimea de pătrundere în teren:

a - soluție de perete exterior termoizolat cu pislă minerală semirigidă (Suedia); b - soluție de perete exterior ventilat prin canale realizate din elemente prefabricate (R. D. Germană); 1 - termoizolație din pislă minerală semirigidă; 2 - perete exterior din zidărie de BCA; 3 - tub drenant; 4 - hidroizolație orizontală și verticală din materiale bituminoase; 5 - pietriș; 6 - tencuială rezistentă la îngheț-dezgheț; 7 - elemente prefabricate pentru canalele de ventilare; 8 - piatră spartă.



subsoluri cauzată de condițiile defavorabile de eliminare a vaporilor de apă prin difuzie și ventilare, creează impresia că există infiltrații din cauza izolațiilor hidrofuge defectuoase. Îmbunătățiri ale condițiilor de umiditate în spațiile din subsoluri se obțin prin: reducerea cantității de vaporii degajați în încăperea, activarea ventilației și încălzirii iarna, prelungirea timpului de încălzire toamna și primăvara (fig. 10.8).

Atunci cînd terenul este filtrant (pietriș, nisip grăunțos) și deci nu reține apa, asigurarea unei protecții bune contra apelor din umiditatea pămîntului este posibilă și fără hidroizolații verticale. În acest caz, pereții care trebuie să fie permeabili la vaporii, se îmbracă la exterior cu materiale termoizolante ce drenează apa, de exemplu cu plăci de pislă minerală semirigidă (fig. 10.9), iar încălzirea interioară trebuie să fie eficientă, pentru ca fluxurile de căldură și difuzie să fie permanent orientate spre exterior. Soluții de acest fel se aplică în țările nordice [40].

10.4.3. HIDROIZOLAȚII ÎMPOTRIVA APELOR FĂRĂ PRESIUNE HIDROSTATICĂ

Aceste hidroizolații se realizează ca o barieră neîntreruptă pe pereții exteriori, pe sub pardoseli (radier) și sub pereți. În terenuri loessoide, viteza de infiltrare

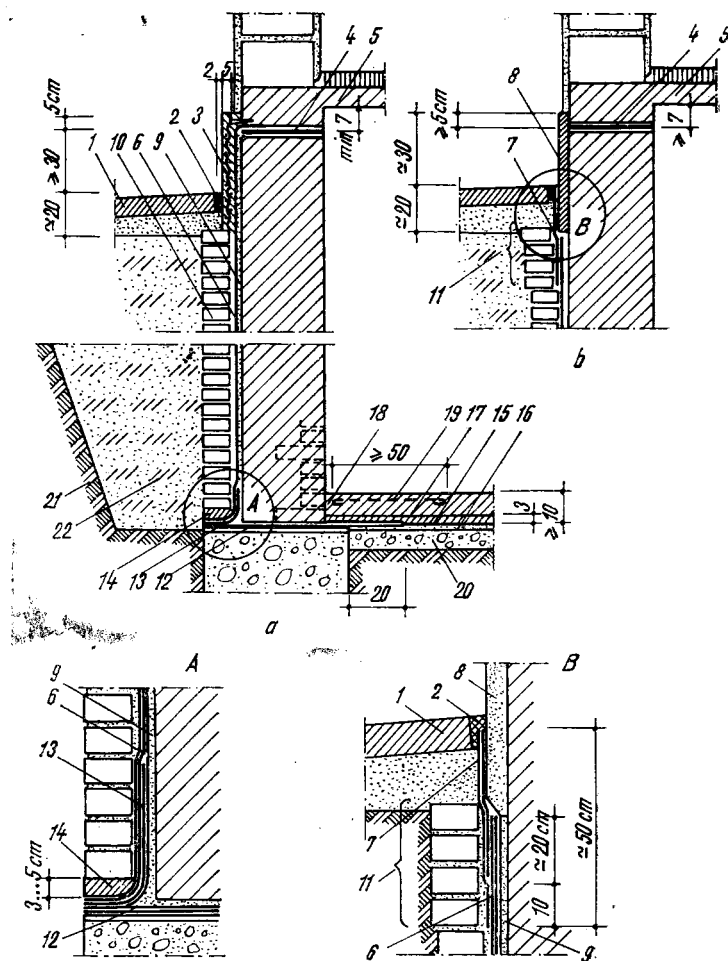


Fig. 10.10. Hidroizolație verticală aplicată de perețele de rezistență:

a - soclu izolat cu materiale bituminoase; b - soclu izolat cu tencuială impermeabilă; 1 - trotuar; 2 - rost umplut cu mastic bituminos; 3 - protecția hidroizolației soclului cu mortar M 100 armat cu plasă de răbit; 4 - hidroizolație orizontală din două straturi de carton bitumat; 5 - planșeu din beton armat peste subsol; 6 - hidroizolație verticală bituminoasă; 7 - carton bitumat de 50 cm lățime pentru racordarea hidroizolației verticale cu soclul din tencuială impermeabilă; 8 - tencuială impermeabilă la soclu; 9 - strat suport al hidroizolației verticale realizat din mortar M 100; 10 - perete de protecție; 11 - cărămizi care se desfac pentru executarea recordării și apoi se rezidesc; 12 - hidroizolație orizontală bituminoasă; 13 - fisie suplimentară din carton sau pânză bitumată de 50 cm lățime pentru întărirea racordării; 14 - mortar pentru protecția hidroizolației la racordare; 15 - hidroizolație orizontală la pardoseala subsolului; 16 - strat suport din mortar M 100; 17 - strat de protecție a hidroizolației realizat din mortar M 50; 18 - pardoseală de beton; 19 - armare locală suplimentară a pardoselii peste rostul de margine; 20 - beton de egalizare; 21 - pământ cu permeabilitate mare; 22 - umplutură compactată.

a apelor fiind mare, hidroizolația contra apelor fără presiune hidrostatică comportă un strat de pânză bitumată, două de carton bitumat și patru de mastic bituminos aplicat la cald; în terenuri argiloase, în care se pot crea mai ușor punji de acumulare, se prevăd două straturi de pânză, unul de carton și patru de mastic. În figurile 10.10 și 10.11 se prezintă două alcătuiri tip de protecții

contra apelor fără presiune hidrostatică diferențiate prin modul de dispunere a hidroizolației verticale: pe zidărie de rezistență sau pe zidărie de protecție exterioară, în raport cu procedeul de execuție care se adoptă (lucrând de la interior spre exterior sau invers).

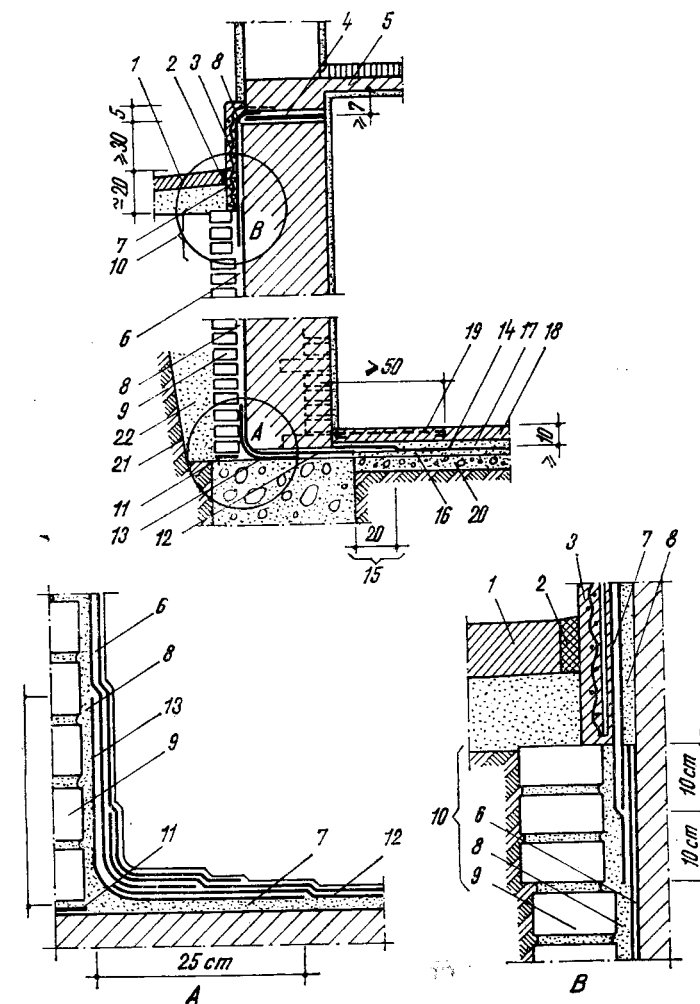


Fig. 10.11. Hidroizolație aplicată pe perețele exterior de protecție:

1 - trotuar; 2 - rost umplut cu mastic bituminos; 3 - protecția hidroizolației soclului cu mortar M 100, armat cu plasă de răbit; 4 - hidroizolație orizontală; 5 - planșeu; 6 - hidroizolație verticală; 7 - hidroizolație verticală continuată pe soclu; 8 - strat suport al hidroizolației verticale realizat din mortar M 100; 9 - perete de protecție; 10 - cărămizi care se desfac și se rezidesc după executarea racordării hidroizolațiilor; 11 - fisie de carton bitumat; 12 - hidroizolație orizontală; 13 - fisie suplimentară de carton sau pânză bitumată pentru întărirea hidroizolației la scafă; 14 - hidroizolație orizontală sub pardoseală; 15 - porțiunea hidroizolației orizontale care nu se lipește de stratul suport; 16 - strat suport al hidroizolației orizontale realizat din mortar M 100; 17 - protecția hidroizolației orizontale cu mortar M 50; 18 - pardoseală din beton; 19 - armare locală a betonului din pardoseală; 20 - beton de egalizare; 21 - pământ cu permeabilitate mare; 22 - umplutură compactată.

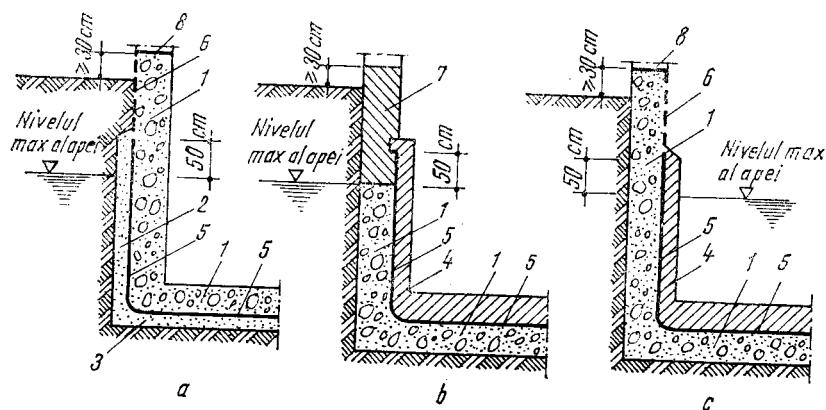


Fig. 10.12. Scheme de principiu pentru hidroizolații împotriva apelor cu presiune: a - hidroizolație dispusă la exterior; b, c - hidroizolație dispusă la interior; 1 - structura de rezistență a clădirii; 2 - protecția hidroizolației verticale dispusă la exterior; 3 - strat de egalizare sub hidroizolația orizontală; 4 - cuvă interioară; 5 - hidroizolație împotriva apelor cu presiune hidrostatică realizată din straturi de pinză și mastic bituminos; 6 - hidroizolație împotriva apelor fără presiune hidrostatică; 7 - beton compact; 8 - hidroizolație orizontală din carton bitumat în mai multe straturi.

10.4.4. HIDROIZOLAȚII ÎMPOTRIVA INFILTRĂRII APELOR CU PRESIUNE HIDROSTATICĂ

Aceste hidroizolații se realizează pentru fundațiile și subsolurile aflate sub nivelul maxim al pinzei apelor freatice sau atunci când există condiții de acumulare a apei lângă construcție. Apa exercită în acest caz o presiune distribuită, normală pe suprafața hidroizolației și proporțională cu adâncimea situată în apă a punctului considerat.

În această situație trebuie respectate următoarele principii:

- hidroizolația se dispune continuu pe toată suprafața expusă infiltrațiilor și cu cel puțin 50 cm peste nivelul maxim al apelor freatice, formînd astfel o cuvă etanșă la exterior și numai în mod excepțional la interior (fig. 10.12);
- presiunea exercitată de apă asupra hidroizolației și transmisă de aceasta suportului său trebuie echilibrată (fig. 10.13) sau preluată de către structura de rezistență a clădirii, respectiv de către radier și pereți (fig. 10.14).

Hidroizolațiile contra apelor cu presiune se proiectează din 3...6 rînduri de pinză bitumată protejată cu un strat de carton bitumat lipit cu mastic bituminos. Numărul straturilor de pinză se adoptă conform tabelului 10.1, în funcție de înălțimea coloanei de apă și de presiunea exercitată de construcție, reținînd pe cel maxim. Protecția hidroizolației verticale se asigură cu cel puțin 5 cm de beton B 100.

În cazul amplasării hidroizolațiilor la exterior, clădirea se fundează pe radier general, astfel ca presiunea pe teren și tasările să fie relativ uniforme (fig. 10.15). Fundațiile denivelate se racordează cu pante înclinate, evitîndu-se pe cît posibil treptele (fig. 10.16). Intrîndurile și ieșîndurile pereților se evită pe cît posibil, astfel încît presiunea pămîntului asupra hidroizolației verticale să fie asigurată permanent la valoarea de cel puțin 0,1 daN/cm² (fig. 10.17). Atunci cînd presiunea pămîntului nu satisface această condiție din cauza unei construcții alăturate sau din cauză că săpăturile necesare ar fi neeconomice, se execută protecții

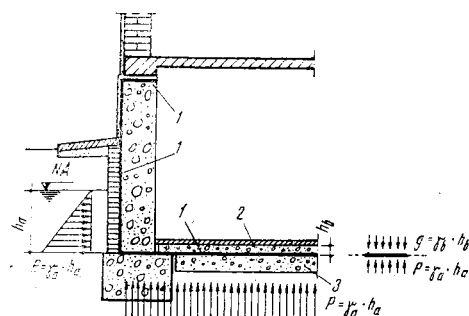


Fig. 10.13. Hidroizolarea unei construcții cu subsol cînd nivelul apei depășește cota pardoselii subsolului (schemă de principiu):

1 - hidroizolație verticală și orizontală continuă din mai multe straturi de pinză bitumată și mastic bituminos; 2 - strat de beton sau din pietriș pentru echilibrarea subpresiunii apei; 3 - beton de egalizare.

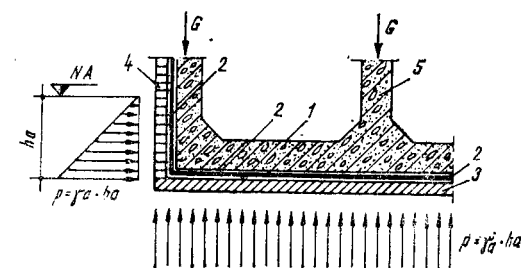


Fig. 10.14. Hidroizolații contra apelor sub presiune la care presiunea hidrostatică a apei este preluată de structura de rezistență a clădirii.

1 - radier din beton armat; 2 - hidroizolație continuă; 3 - beton de egalizare; 4 - strat de protecție a hidroizolației verticale; 5 - diafragmă verticală din beton armat monolit.

Tabelul 10.1

Înălțimea coloanei de apă peste nivelul inferior al hidroizolației, m	Presiune exercitată de construcție, daN/cm ²	Numărul straturilor de pinză bitumată tip A.55 sau A.45
3	0,5	3
3...6	0,5...1,0	4
6...12	1,0...2,0	5
12	2,0...5,0	6

Observație:

Numărul de straturi rămîne constant pe toată înălțimea hidroizolației și 50 cm peste nivelul maxim al apei. În cazul cînd criteriile înălțimii coloanei de apă și cel al presiunii din construcție dau rezultate diferite, se consideră numărul maxim de straturi rezultat.

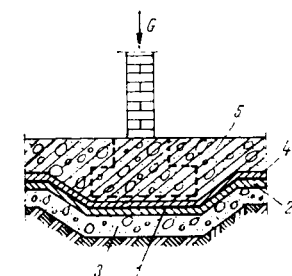


Fig. 10.15. Dispunerea hidroizolației orizontale continue în dreptul elementelor de rezistență care exercită acțiuni locale:

1 - hidroizolație orizontală; 2 - strat suport din mortar M 100; 3 - beton de egalizare; 4 - protecție la partea superioară a hidroizolației; 5 - radier general.

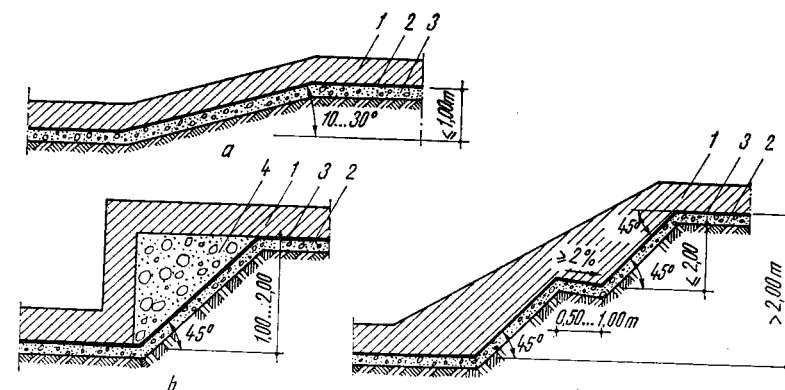


Fig. 10.16. Dispunerea hidroizolației orizontale la radiere cu denivelări: a - denivelări pînă la 1 m; b - denivelări între 1 și 2 m; c - denivelări peste 2 m; 1 - radier; 2 - subradier, inclusiv stratul suport pentru hidroizolație; 3 - hidroizolație; 4 - beton slab de umplutură.

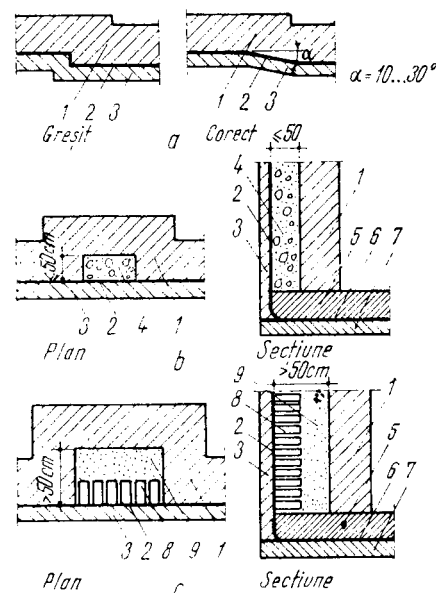


Fig. 10.17. Soluții recomandate pentru presarea uniformă a hidroizolației verticale pe pereți datorată împingerii pământului:

a — la decalări pe orizontală a peretilor; b — la intrinduri mai mici de 50 cm; c — la intrinduri mai mari de 50 cm; 1 — perete de rezistență; 2 — hidroizolație verticală; 3 — perete de protecție; 4 — beton de umplutură; 5 — radier; 6 — hidroizolație orizontală; 7 — strat de egalizare; 8 — completare din cărămidă; 9 — umplutură din pământ compact sau nisip.

exterioare rigide în formă de cuvă ancorată de structura de rezistență (fig. 10.18). Racordarea hidroizolației verticale cu cea orizontală se realizează conform detaliilor din figura 10.19.

În cazul hidroizolațiilor aplicate la interiorul construcției, situație care apare când este necesară realizarea unei hidroizolații într-o clădire construită anterior,

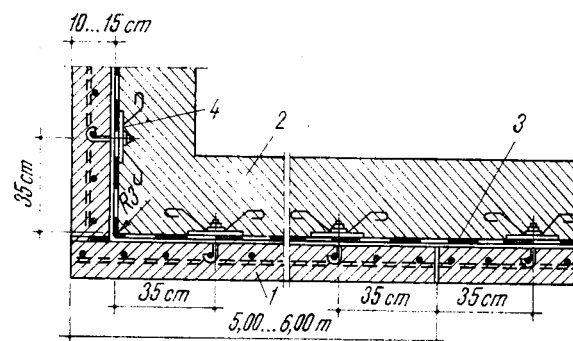


Fig. 10.18. Asigurarea presării hidroizolației prin ancoraje:

1 — cuvă exterioră rigidă; 2 — structură de rezistență (peretele clădirii); 3 — hidroizolație verticală; 4 — ancoră cu flanșă metalică circulară.

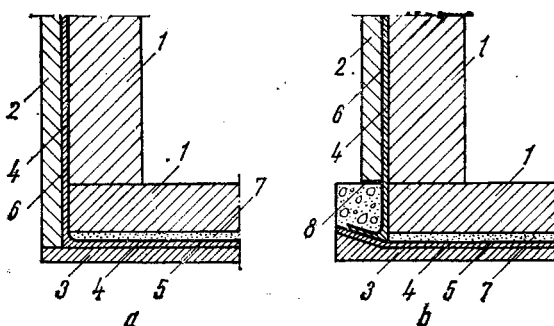


Fig. 10.19. Scheme de racordare a hidroizolației împotriva apelor cu presiune:

a — sistem de racordare interioară (sistem de cuvă); b — sistem de racordare exterioră; 1 — elemente de rezistență; 2 — element exterior de protecție a hidroizolației verticale; 3 — subradier; 4 — strat suport al hidroizolației din mortar M 100; 5 — hidroizolație orizontală; 6 — hidroizolație verticală; 7 — strat de protecție a hidroizolației orizontale din mortar M 50 de 2...3 cm grosime sau de 4 cm beton B 100; 8 — strat de carton bitumat lipit cu bitum.

se recomandă ca protecția interioară să fie executată din beton armat și să fie bine legată de structura de rezistență a clădirii.

Hidroizolațiile împotriva apelor cu presiune sînt lucrări dificile și costisitoare. De aceea, execuția lor se încredințează numai întreprinderilor specializate și se limitează la cazurile strict necesare, eventual numai pe porțiuni de clădiri.

10.4.5. DETALII CONSTRUCTIVE PENTRU HIDROIZOLAREA ROSTURILOR, STRĂPUNGERILOR DE CONDUCTE, PENTRU RACORDĂRI ȘI PROTECȚII

Lucrările de hidroizolații necesită detalii bine alcătuite pentru rosturi, străpungeri la treceri de conducte, racordări, protecții etc. Proiectarea acestor detalii se face ținînd seama dacă apa exercită presiune sau nu, de felul cum este dispusă hidroizolația verticală (pe fața exterioară a elementului vertical de rezistență a construcției sau pe fața interioară a peretelui de protecție a hidroizolației), precum și de aspectele specifice ale tehnologiei de execuție.

La stabilirea soluțiilor constructive pentru rosturi se are în vedere intensitatea solicitărilor posibile (fig. 10.20 și 10.21) ca urmare a tasărilor diferențiate ale părților respective de clădire și a presiunii hidrostatice locale.

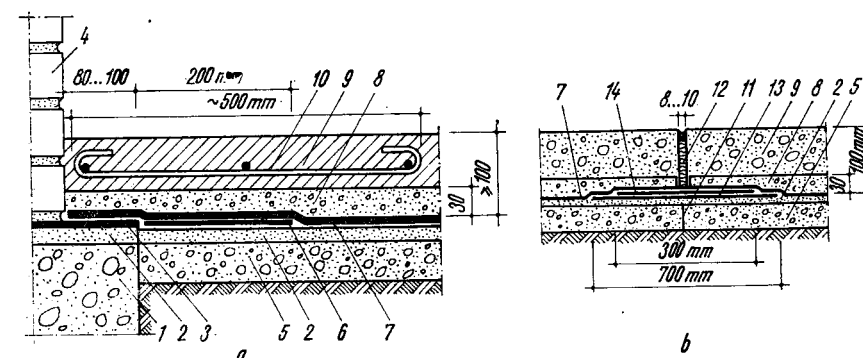
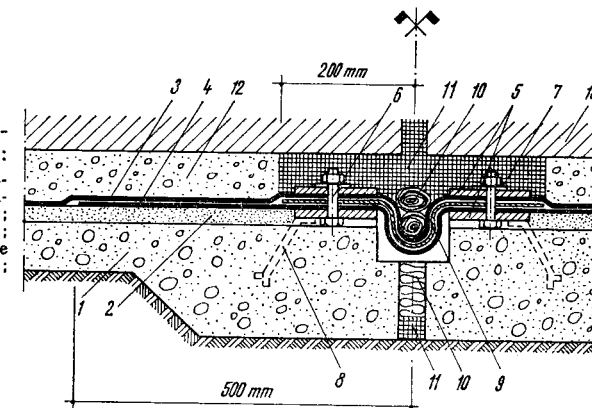


Fig. 10.20. Realizarea hidroizolațiilor la rosturi cu solicitări reduse:

a — la rostul dintre perete și pardoseală; b — la rostul din pardoseală; 1 — fundație; 2 — strat suport din mortar M 100; 3 — hidroizolație orizontală la pereți; 4 — perete de rezistență; 5 — beton de egalizare; 6 — fișie de carton; 7 — hidroizolație orizontală la pardoseală; 8 — strat de protecție a hidroizolației orizontale din mortar M 50; 9 — pardoseală din beton; 10 — armare locală a pardoselii deasupra rostului; 11 — rost vertical în betonul de egalizare; 12 — rost vertical în pardoseală, umplut cu ciliți bitumați și mastic bituminos; 13 — fișie de pinză bitumată nelipită în dreptul rostului; 14 — bandă din tablă de plumb.

Fig. 10.21. Alcătuirea unui rost susceptibil de a prelua solicitări mari:

1 — subradier; 2 — strat suport al hidroizolației; 3 — hidroizolație orizontală; 4 — strat suport de pinză bitumată; 5 — bandă din tablă; 6 — bulon; 7 — saibă de plumb; 8 — ancoraj; 9 — lîră din tablă de plumb; 10 — ciliți sau funie bitumată; 11 — mastic de bitum; 12 — mortar M 50; 13 — radier.



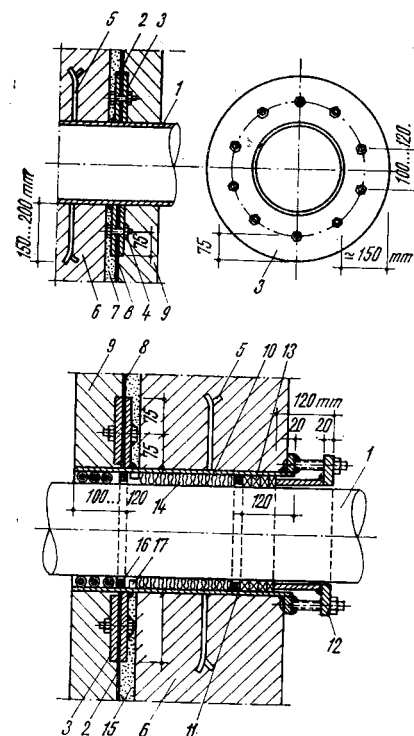


Fig. 10.22. Detalii pentru străpungeri la treceri de conducte sub nivelul terenului, în zona apei freatice:

a - străpungeră rigidă; b - străpungeră cu fixare elastică; 1 - element de străpungeră; 2 - flanșă de oțel sudată etans pe conductă; 3 - flanșă mobilă; 4 - buloane de stringere; 5 - praznuri de ancorare; 6 - perete; 7 - strat suport al hidroizolației; 8 - hidroizolație; 9 - strat de protecție; 10 - manson metalic; 11 - inel sudat la interiorul mansonului; 12 - bucsă de presiune; 13 - garnitură de etansare din material elastic (cauciuc, azbest, ciliți bitumați); 14 - snur de azbest; 15 - mortar M 100; 16 - stift sudat; 17 - inel metalic mobil.

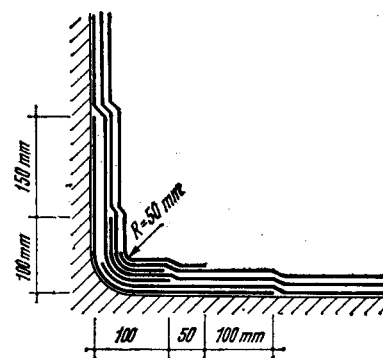


Fig. 10.23. Întărirea și racordarea hidroizolațiilor la scafe orizontale.

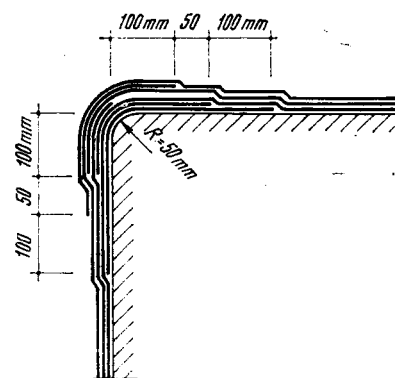


Fig. 10.24. Întărirea și racordarea hidroizolațiilor la muchii verticale (secțiune orizontală).

Străpungerile prin pereți și fundații necesită o atenție specială la realizarea hidroizolațiilor, deoarece pot constitui puncte de infiltrații. Pentru a evita pătrunderea apei în aceste zone se iau măsuri de etanșare cu flanșe metalice fixe și mobile care protejează hidroizolația din jurul conductei ce străpunge elementul de construcție (fig. 10.22).

Un punct important îl reprezintă zonele de racordare între porțiunile verticale și cele orizontale ale hidroizolațiilor; în figurile 10.23, 10.24, 10.25 și 10.26 se prezintă detaliile constructive pentru aceste zone de racordare. Se observă că rezolvările constructive au particularități diferite ținând seama de modul de aplicare a hidroizolației de la exterior spre interior sau invers și de ordinea operațiunilor din procesul tehnologic adoptat.

Protecția hidroizolațiilor se poate prevedea sub diverse forme, urmărind nu numai presarea și apărarea acesteia în timpul exploatării împotriva unor solicitări neuniforme sau cu valori peste cele admisibile, ci și împiedicarea degradării straturilor în timpul fazelor succesive ale executării lucrărilor; astfel:

— hidroizolațiile orizontale de sub pardoseli se acoperă cu un strat de mortar de ciment M 50 de 3 cm grosime, peste care se așază pardoseala propriu-zisă prevăzută cu rosturi și separată de stratul de protecție printr-o foaie de carton bitumat. Atunci când hidroizolația orizontală este dispusă sub un radier, deteriorarea ei în timpul lucrărilor de montare a armăturilor superioare se împiedică

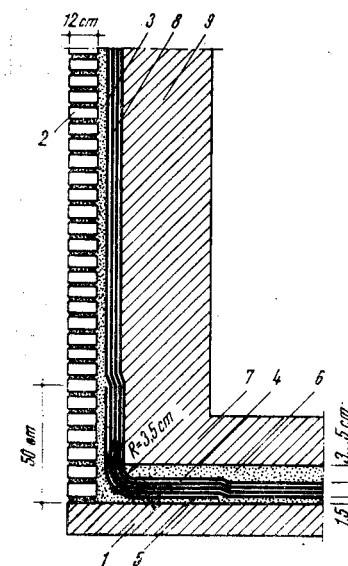


Fig. 10.25. Executarea racordării interioare (cuvă) între hidroizolația orizontală și cea verticală aplicată pe peretele de protecție:

1 - beton de egalizare (subradier); 2 - peretele de protecție, executat din cărămidă cu mortar de ciment; 3 - strat suport al hidroizolației, din mortar M 100; 4 - hidroizolație orizontală; 5 - fișie suplimentară din pânză bitumată; 6 - strat de protecție din mortar M 50 sau beton B 100; 7 - radier; 8 - hidroizolație verticală; 9 - perete de rezistență.

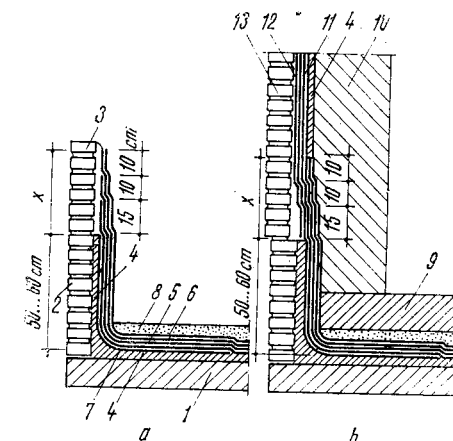


Fig. 10.26. Executarea racordării interioare (cuvă) între hidroizolația orizontală și cea verticală aplicată pe peretele de rezistență:

a - etapa I de execuție; b - etapa a II-a de execuție; 1 - beton de egalizare (subradier); 2 - porțiune din peretele de protecție, executată definitiv în etapa I; 3 - porțiune din peretele de protecție, executată provizoriu în etapa I; 4 - strat suport al hidroizolației din mortar M 100; 5 - hidroizolație orizontală; 6 - strat de carton bitumat al hidroizolației orizontale cu rol de protecție; 7 - fișie suplimentară de pânză bitumată de cel puțin 1 m lățime; 8 - strat de protecție din mortar M 50 sau din beton B 100; 9 - radier; 10 - perete de rezistență; 11 - hidroizolație verticală; 12 - strat de carton bitumat cu rol de protecție; 13 - perete de protecție executat în etapa a II-a; $x = (0,1n + 0,5)$ m în care n este numărul de straturi ale hidroizolației.

prin așternerea unui strat de mortar M 50 de 3 cm grosime sau a unui beton B 100 de 4...5 cm grosime;

— hidroizolațiile verticale se pot proteja cu pereți de zidărie de cărămidă de 12,5 cm grosime zidită cu mortar de ciment, sau cu pereți de beton armat de 8...10 cm grosime.

Pentru asigurarea stabilității peretelui de protecție și pentru presarea continuă a hidroizolației pe stratul suport, în funcție de modul de dispunere a hidroizolației (pe peretele suport sau pe peretele de protecție), se iau următoarele măsuri:

— când peretele de protecție servește și ca suport pe care se dispune la început hidroizolația, stabilitatea sa se asigură, dacă este din zidărie, cu ranforți de 25 cm grosime la 2,5 m distanță, fără rosturi, iar dacă este din beton armat se prevăd dispozitive de ancorare (v. fig. 10.18);

— când hidroizolația se aplică pe elementul vertical de rezistență al clădirii (peretele subsolului), zidăria de protecție nu trebuie consolidată, însă este necesar să fie prevăzută cu rosturi verticale realizate cu fișii de carton bitumat dispuse la 5 m distanță unele de altele. În acest fel se asigură mobilitatea panouri-

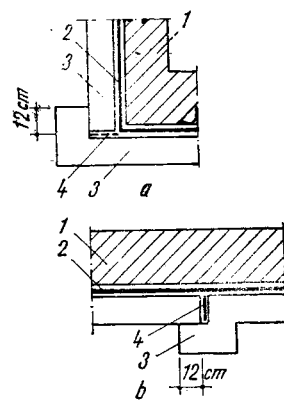


Fig. 10.27. Detalii de realizare a rosturilor în peretele de protecție;

a - la colț; b - în cîmp curent; 1 - perete de rezistență; 2 - hidroizolație; 3 - perete de protecție; 4 - rost vertical realizat cu fișe de carton bitumat.

Igrasia este rezultatul unei umeziri persistente a construcțiilor. Măsurile de remediere pot fi stabilite numai după ce au fost determinate cauzele fenomenului, care pot fi numeroase: lipsa hidroizolației (la clădirile vechi), hidroizolații defectuoase ori avariate, apariția unor surse de apă care nu au fost considerate de proiectant (canalizări defecte, rețele de apă degradate, creșterea nivelului apelor freatice), fenomene de condens etc. Adesea igrasia apare în mod surprinzător după efectuarea unor reparații capitale prin care s-au modificat condițiile inițiale de scurgere a apelor meteorice și de uscure prin ventilare sau ca urmare a modificării destinației încăperilor (amenajarea unor spălătorii, garaje etc.). Aproape întotdeauna cauzele igrasiei sînt dificil de stabilit, trebuind să se recurgă la măsurarea umidității elementelor de construcție, recoltind probe din numeroase puncte un timp mai îndelungat. Se ajunge astfel la cunoașterea cîmpului de umiditate, ceea ce oferă date importante pentru indentificarea cauzelor de umezire.

Metoda cea mai sigură pentru înlăturarea infiltrațiilor la partea inferioară a unei construcții vechi o constituie crearea unei noi hidroizolații orizontale, iar dacă există demisol, și a uneia verticale. Aceasta este o lucrare dificilă care se realizează prin subzidire executîndu-se găuri distanțate imediat deasupra nivelului unde trebuie așezată noua izolație (fig. 10.28). După introducerea straturilor necesare (mortar suport, foi bitumate lipite cu mastic de bitum, mortar de protecție) se completează peretele cu beton sau zidărie și se procedează

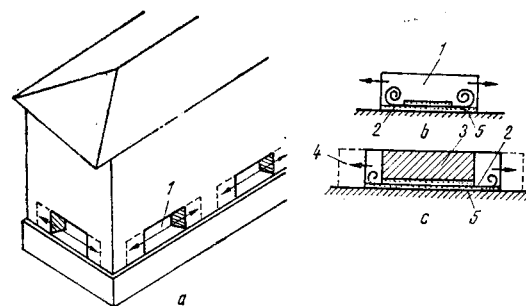


Fig. 10.28. Subzidire pentru crearea de hidroizolații orizontale: a - vedere generală a clădirii; b - prima etapă; c - etapa a doua;

1 - golul creat inițial; 2 - straturi de carton bitumat și bitum; 3 - zidărie refăcută; 4 - extinderea găurii; 5 - mortar de egalizare.

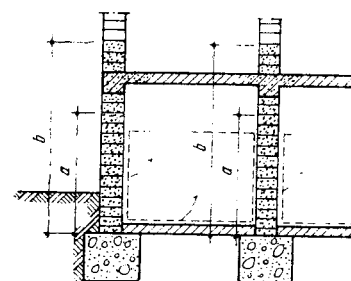


Fig. 10.29. Executarea unor îmbrăcămînți interioare impermeabile la o construcție cu igrasie:

1 - îmbrăcămînți impermeabile; a - înălțimea zonei cuprinsă de igrasie înainte de executarea îmbrăcămînții impermeabile; b - înălțimea zonei de igrasie după executarea îmbrăcămînții impermeabile.

lor de protecție, necesară pentru a le permite să preseze hidroizolația atunci cînd se umple cu pămînt spațiul liber pînă la marginea săpăturii (fig. 10.27).

10.5. COMBATEREA IGRASIEI LA CLĂDIRILE ÎN EXPLOATARE

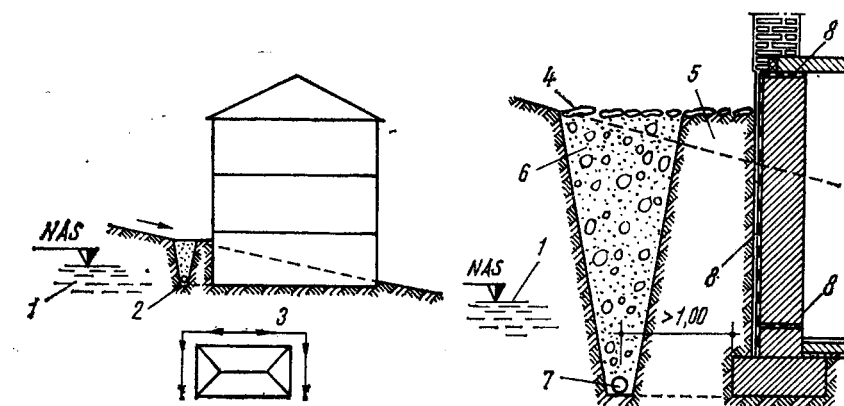


Fig. 10.30. Protecția clădirilor împotriva umezirii prin drenuri dispuse în amonte:

1 - pinză de apă freatică; 2 - dren; 3 - latură de interceptare; 4 - pavaș carosabilă cu rosturi permeabile la apă; 5 - argilă bătută; 6 - umplutură din pietriș sau din pămînt permeabil; 7 - tîuș drenant; 8 - hidroizolație.

la extinderea laterală a lucrării. Subzidirile se execută cu deosebită atenție pentru a evita avariarea structurii de rezistență a construcțiilor.

Dificultatea cu care se realizează subzidirile a fost un impuls pentru căutarea de noi procedee de combatere a igrasiei la clădirile vechi. În literatura tehnică sînt prezentate metode de electro-drenare pasivă și activă ce fac obiectul a numeroase brevete, însă pînă în prezent rezultatele obținute nu sînt concludente.

Măsura de a impermeabiliza, prin vopsitorii sau placaje, suprafața interioară a pereților din încăperile umede (fig. 10.29) este contraindicată, deoarece în acest mod se împiedică evaporarea și în consecință, înălțimea umezită prin ascensiune capilară crește. În mod excepțional se poate recurge la dublarea pereților interiori cu o zidărie nouă, prevăzută cu hidroizolație obișnuită.

Întotdeauna este util să se ia măsuri de îndepărtare a apelor de lingă clădire, executînd pante de scurgere, drenuri și trotuare (fig. 10.30). Acoperirea cu beton sau asfalt a unor suprafețe mari în jurul clădirii are efecte defavorabile, deoarece împiedicînd trecerea vaporilor de apă din teren în atmosferă, aceste îmbrăcămînți determină creșterea umidității pămîntului de lingă clădire prin condensarea vaporilor acumulați. Din această cauză nivelul ascensiunii capilare crește an de an, depășind pe cel constant inițial. Se mai adaugă faptul că în timpul ploilor, apa adunată pe asfalt sau beton găsește posibilitatea de a se infiltra în pămînt

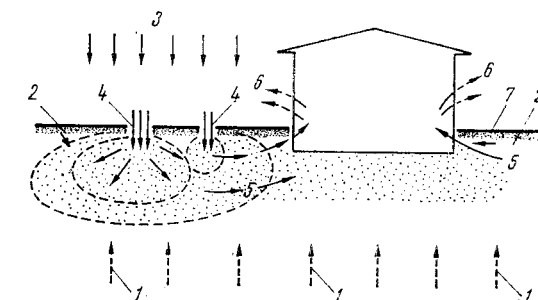


Fig. 10.31. Circulația apei în cazul unor suprafețe de teren asfaltate:

1 - apă din pinza freatică migrînd către suprafață; 2 - zone de acumulare din condens iarna și în nopțile reci; 3 - ape meteorice; 4 - discontinuități în îmbrăcămînța terenului prin care se infiltrează apa; 5 - migrația capilară a apei acumulate din condens și infiltrații de la pămînt la construcție; 6 - revenirea apei în atmosferă prin clădire; 7 - îmbrăcămînți impermeabile (beton, asfalt).

prin fisuri, găuri sau prin porțiunile neacoperite lăsate pentru plantații. Acest proces se desfășoară rapid, însă uscarea se face prin evaporare, cu viteză mică, fiind practic neglijabilă în zonele menționate. Treptat apa se acumulează în pământ printr-un fenomen de *pușculiță* (fig. 10.31) și tinde să ajungă din nou în atmosferă trecând prin clădire. Efectele fenomenelor de condens și infiltrare se suprapun și în consecință, este recomandabil ca trotuarele de lângă clădirile vechi să fie dispuse pe un substrat permeabil fără a fi continuate cu suprafețe asfaltate ori betonate. Pavajele de piatră sînt mai favorabile dar trebuie realizate numai pe benzile circulare. Plantațiile reduc cantitatea de apă ce ajunge la suprafața pămîntului și extrag apă prin rădăcini dar nu trebuie să umbrească pereții, pentru a nu încetini uscarea lor.

Capitolul 11

PEREȚI

11.1. DEFINIRE. SCURT ISTORIC. CLASIFICARE

Pereții sînt elementele verticale de rezistență ale clădirii, de obicei, sub formă de suprafețe plane, care au totodată rol de separare a mediului interior de cel exterior, *pereți exteriori* și de compartimentare în plan orizontal a spațiului interior, *pereți interiori*. *Pereții portanți*, de rezistență preiau încărcările verticale, gravitaționale transmise de planșee, asigurînd scurgerea acestor forțe prin structură la infrastructură și apoi în continuare la terenul de fundație. Pereții de rezistență pot prelua și încărcări orizontale (vînt, seism), pe care le transportă la infrastructură și în continuare la terenul de fundație, cînd lucrează ca *pereți de contravîntuire*. Pot exista uneori pereți cu funcții distincte, fie ca pereți portanți care preiau numai încărcările verticale (fig. 11.1), fie ca pereți de contravîntuire care suportă numai încărcările laterale, orizontale. *Pereții purtați* (fig. 11.2) reazemă pe alte elemente structurale (planșeu, grinzi), care transmit încărcările acestora prin structură la fundații. În cadrul pereților purtați se pot deosebi *pereți despărțitori*, *interiori* și *pereți de fațadă*, *exteriori*, care sînt pereți de umplutură între stîlpii scheletului de rezistență, executați în prezent mai ales ca *panouri de fațadă* sau ca *pereți cortină*, amplasați în fața structurii de rezistență pe care o maschează. Pereții interiori despărțitori pot fi pereți purtați direct de planșeu sau pereți de umplutură între stîlpii scheletului de rezistență, rezemînd pe riglele acestuia.

Materialele naturale au fost primele materiale folosite pentru realizarea pereților, executați prin procese de *turnare* (pereți din argilă), prin procese de *așezare prin zidire* (pereți din zidărie de piatră brută sau blocuri de argilă) și prin procese de *montare* (pereți din birne așezate orizontal sau pereți din schelet de lemn cu umplutură de lemn, zidărie etc.). S-a preferat pentru realizarea pereților, zidăria din piatră ușoară (calcar cochilifer, tuf ușor, roci sedimentare etc.), care prezintă calități termoizolante favorabile.

Se disting, astfel, încă din primele începuturi ale construcțiilor două categorii de structuri: cu pereți portanți care au cea mai largă utilizare și cu schelet de rezistență din lemn folosite, de exemplu, la clădirile din Roma antică.

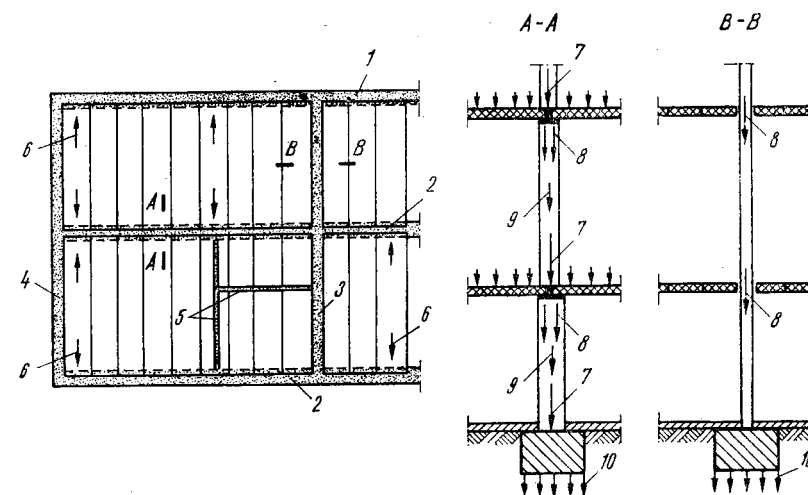


Fig. 11.1. Tipuri de pereți:

1 - perete portant, exterior; 2 - perete portant, interior; 3 - perete autoportant, interior; 4 - perete autoportant, exterior; 5 - perete purtat; 6 - direcția de descărcare a fisurilor de planșeu pe pereții portanți; 7 - încărcarea provenită de la nivelurile superioare; 8 - încărcarea de nivel adusă de planșeu; 9 - greutatea proprie a peretelui pe înălțimea unui nivel; 10 - încărcări transmise la terenul de fundație.

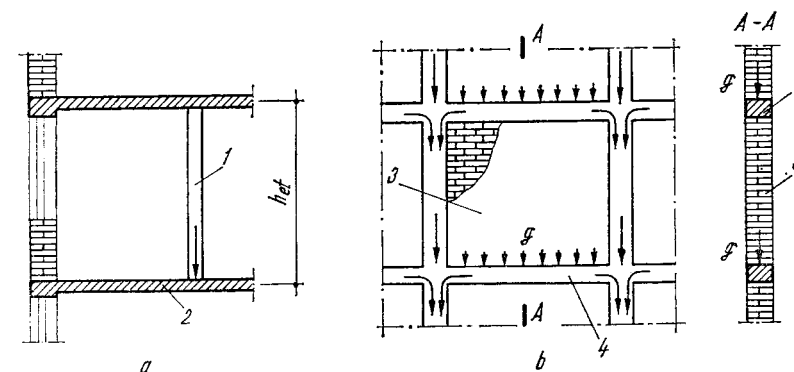


Fig. 11.2. Tipuri de pereți purtați:

a - despărțitori, suportați de planșeu; b - de umplutură, suportați de rigla cadrului; 1 - perete despărțitor; 2 - planșeu; 3 - perete de umplutură; 4 - rigla cadrului.

Odată cu folosirea zidăriilor din piatră cioplită și din produse ceramice arse (cărămidă) apar noi tipuri de pereți din zidărie pentru structurile de rezistență ale clădirilor. Pereții primelor construcții de zidărie din antichitate erau masivi, fără goluri. Tendințele de umanizare ale arhitecturii, manifestate mai ales la constructorii romani și bizantini, au determinat necesitatea și folosirea unor încăperi cu confort (iluminare, ventilare), ceea ce a condus la practicarea de goluri în pereți, la început de dimensiuni mici.

O reducere a masivității pereților s-a obținut prin adoptarea sistemelor constructive rigide cu pereți portanți transversali și longitudinali, la care rezemarea planșeelor masive din zidărie sub formă de bolți, pe două și patru laturi, conduce la o schemă statică mai judicioasă.

Concepția de alcătuire a pereților se dezvoltă în perioada gotică, cînd în cazul clădirilor cu deschideri mari (catedrale, săli publice etc.), structura peretelui cuprinde elemente speciale de rezistență și contravîntuire: pilaștri, contraforturi și eventual arce-butant, care preiau împingerile tavanelor boltite și le transmit terenului de fundație (v. fig. 7.3, e, f).

Grosimea și masivitatea pereților s-a redus, în special la clădirile de locuit, prin utilizarea de pietre de zidărie ușoare, eficiente termic și prin folosirea de planșee din lemn, mai târziu a celor metalice și mai ales prin utilizarea planșeelor din beton armat, care nu dau împingeri laterale.

În ultimele decenii s-au introdus pereții din beton armat turnat monolit, sub formă de diafragme, care au grosimi reduse și se pot folosi la clădiri înalte cu multe niveluri. O largă utilizare au căpătat, de asemenea, pereții din elemente prefabricate (fișii, panouri mari, elemente spațiale) de beton armat, îndeosebi sub formă de panouri mari portante, care se folosesc pentru clădiri cu 4...5 niveluri sau pentru clădiri cu 8...10 niveluri, amplasate în zone seismice.

Deci, pereții se pot executa prin trei procese tehnologice principale: de așezare sau de zidire, de turnare pe șantier sau prin montarea elementelor prefabricate. Aceste trei tipuri de pereți permit realizarea de structuri avînd concepții și metode de calcul asemănătoare, dar care prezintă unele particularități în comportarea lor mecanică sub acțiunea eforturilor.

Pentru realizarea diferitelor tipuri de *pereți din zidărie* se folosesc zidăriile descrise în capitolul 7, a căror comportare mecanică sub eforturi este prezentată în capitolul 8, care sintetizează mecanica zidăriilor.

Pereții turnați monolit din beton armat, greu sau ușor, sub formă de diafragme, reprezintă în prezent principalul tip de perete realizat prin *turnare*, folosit din ce în ce mai mult. Concepția, calculul și alcătuirea constructivă a acestor pereți respectă teoria betonului armat și precomprimat. Ca pereți turnați folosiți în trecut se pot menționa pereții din pămînt natural cu adaos de argilă (10...15 %), sau de fibre organice, vegetale, iar în ultimul timp din pămînt stabilizat sau ameliorat (cu var, ciment, emulsii bituminoase).

Ca *pereți realizați din elemente prefabricate* prin procese de *montare*, se pot menționa la început pereții din lemn (birne dispuse orizontal, fișii sau panouri din lemn), cu utilizări foarte restrînse astăzi. În prezent, sînt mult folosiți pereții din elemente prefabricate de beton armat și uneori din beton precomprimat, sub formă de fișii, panouri mari și în ultimul timp din elemente spațiale, care asigură obținerea unui grad sporit de industrializare a construcțiilor, cu indici tehnico-economici avantajoși. Concepția, calculul și modul de alcătuire și realizare a îmbinărilor dintre elementele prefabricate reprezintă o parte componentă, deosebit de importantă din teoria structurilor prefabricate din beton armat și beton precomprimat.

11.2. CONDIȚII TEHNICE PENTRU PEREȚI

Funcțiunile pereților impun anumite condiții tehnice (capitale, mecanice, fizico-igienice, estetice etc.) pentru diferitele tipuri de pereți, în funcție de rolul complex și poziția lor în clădire, mai ales pentru pereții exteriori. O funcțiune principală a zidului exterior este apărarea interiorului construcției împotriva perturbațiilor exterioare: ploi, ploi cu vînt, umiditate din ploi și din ascensiunea capilară, variații de temperatură, zgomet, acțiuni mecanice, șocuri etc.

11.2.1. CONDIȚII CAPITALE

Condițiile capitale de durabilitate, rezistență la foc etc. sînt mai importante pentru pereții portanți și de contravîntuire, deoarece aceștia, spre deosebire de pereții purtați, determină direct durabilitatea întregii clădiri.

Pereții exteriori trebuie să satisfacă condiții deosebite de durabilitate (pentru gelivitate, umiditate, coroziune, acțiunea biologică a microorganismelor), deoarece separă două medii diferite, interior și exterior, cu parametri climatici variabili. De asemenea, pereții exteriori trebuie să protejeze interiorul clădirilor împotriva ploii și vîntului. Coeficientul de permeabilitate la ploaie este timpul t necesar pentru ca să apară pete de umezeală pe fața opusă aceleia pe care se scurge o pînză de 4 litri apă pe m^2 și pe minut.

Pereții interiori sau exteriori trebuie să nu capete igrasie datorită ascensiunii capilare a apei din pămînt și trebuie să poată suporta în apropierea lor un aparat sau o instalație de încălzire fără a se provoca deteriorări sau incendii. În cazul unor medii interioare, care conțin vapori cu acțiune distructivă (în laboratoare, ateliere etc.), pereții trebuie să reziste acțiunii chimice corosive, iar pereții care delimitează depozite frigorifice trebuie să reziste acțiunii repetate a îngheț-dezghețului.

11.2.2. CONDIȚII MECANICE

Condițiile mecanice, care privesc stările limită ultime (de rezistență, stabilitatea poziției sau a formei, oboseală) și ale exploatării normale (fisurare, deformare), prin care se asigură rezistența și stabilitatea pereților sub acțiunea încărcărilor verticale și orizontale, sînt esențiale pentru pereții portanți și de contravîntuire, deoarece aceștia determină rezistența și stabilitatea de ansamblu a clădirii. Calculul la oboseală intervine extrem de rar, căci astăzi se preconizează numai rareori pereți solicitați la oboseală. Unii pereți trebuie să suporte șocurile provocate de autovehicule (pereți orientați spre căile de comunicație, străzi, șosele etc.) sau de alte mașini și șocurile rafalelor de vînt în timpul furtunilor, necesitînd anumite rezistențe la străpungere.

Pereții despărțitori neportanți trebuie să suporte o încărcare orizontală, liniară, uniform distribuită de 500 N/m, aplicată la o înălțime de 0,90 m de la cota pardoselii, pentru a satisface condițiile de exploatare normală.

Pereții portanți și purtați trebuie să aibă suficientă rezistență la încovoiere locală, ca să poată servi ca suport pentru ornamente, tablouri etc. și să permită fixarea de instalații casnice (obiecte tehnico-sanitare, rafturi etc.).

În ziduri trebuie să se poată fixa cuie sau șuruburi, eventual fără ghermele sau dibluri, astfel, încît să nu se producă crăpături sau alte degradări.

Betonul, produsele ceramice, ca și alte materiale dure nu primesc nici cuie, nici șuruburi fără dibluri. Rezistențele de smulgere a cuielor și șuruburilor în diverse materiale utilizate la realizarea pereților sînt date în tabelul 11.1.

11.2.3. CONDIȚII FIZICO-IGIENICE

Condițiile fizico-igienice ale pereților sînt determinante pentru microclimatul, confortul și igiena din interiorul clădirilor și privesc măsurile de izolare higrotermică, de izolare acustică, de iluminare, de ventilare și de igienă, strîns

Tabelul 11.1

Material	Rezistența de smulgere, în daN, pentru:				
	lemn de brad	lemn de stejar	plăci din fibre aglo- merate din lemn	beton din a- gregate ușoare	plăci din ipsos
Cuie	400	500	5	50	5
Șuruburi	400	900	30	—	25

6 și 23, care cuprind totodată principii de proiectare și alcătuire constructivă a pereților portanți și purtați, exteriori și interiori.

11.2.4. CONDIȚII ARHITECTURAL-ESTETICE

Condițiile arhitectural-estetice ale pereților contribuie la realizarea în interior a confortului și a unei ambianțe plăcute, iar în exterior determină aspectul general estetic al clădirii. Aceste condiții se realizează mai ales cu ajutorul lucrărilor de finisaje (tencuieli, placaje, tapete etc.) ale pereților, care completează și îmbunătățesc totodată condițiile capitale, fizico-igienice și de exploatare și uneori chiar condițiile mecanice. Se recomandă folosirea pereților cu față văzută din beton, din zidărie aparentă etc.

11.2.5. CONDIȚII ECONOMICO-ORGANIZATORICE

Privesc obținerea eficienței tehnico-economice a pereților și clădirilor în ansamblu, ținând seama de cheltuielile de investiții și de exploatare, ca și de consumul de energie; aceste condiții au condus la concepții și tehnologii noi de execuție. Din acest punct de vedere pentru clădirile de locuit se recomandă:

- pentru construcții $P \dots P + 2E$, pereți din panouri ușoare (BCA, beton ușor cu agregate poroase etc.);
- pentru construcții cu cel mult cinci niveluri, pereți portanți din elemente prefabricate (elemente spațiale și panouri mari de beton armat, greu sau ușor), din diafragme de zidărie eficientă sau de beton armat turnat monolit sau pereți purtați pentru structuri cu schelet din beton armat;
- pentru clădiri cu cel mult 11 niveluri, pereți portanți din panouri mari, diafragme monolite în structuri din diafragme sau în structuri mixte (cadre cu diafragme sau nuclee), ca și pereți purtați pentru structuri cu schelet din beton armat.

Pentru clădiri social-culturale se recomandă folosirea pereților portanți din diafragme monolite (cu planșee monolite sau prefabricate) în structurile din diafragme sau în cele mixte, din diafragme prefabricate (elemente spațiale, panouri mari), din zidărie eficientă, ca și folosirea pereților purtați la structuri cu cadre din beton armat.

11.3. ALCĂTUIREA PEREȚILOR PORTANȚI ȘI DE CONTRAVÎNTUIRE

O clădire cu pereți portanți (din zidărie sau diafragme și planșee din beton armat) reprezintă, de obicei, în realitate o structură complexă, spațială, dezvoltată după cele trei direcții, în care cele trei sisteme perpendiculare de diafragme

legate de condițiile de viață și precizate de ecologia umană. Aceste condiții se bazează, în special, pe legile fizice ale transferului de căldură și masă, ale transmisiei energiei sonore, ale schimbului și difuziei de aer și lumină prin pereți, între cele două medii, interior și exterior, descrise în capitolele 5,

și plăci (pereți longitudinali și transversali, planșee) conlucrează la preluarea și scurgerea încărcărilor verticale și orizontale precum și altor acțiuni, care pot solicita clădirea.

Totuși, din considerente practice, se analizează separat rezistența planșeelor a pereților portanți proiectați, în special, pentru preluarea încărcărilor verticale, ca și a pereților de contravîntuire (shear-walls, scheiben, murs de contreventement), folosiți pentru a asigura rezistența și stabilitatea structurii la forțe orizontale.

În general, este însă avantajos ca pereții de contravîntuire să suporte și încărcările verticale, astfel încît se combină cele două funcțiuni: de rezistență la forțe verticale și de contravîntuire la forțe orizontale. *Pereții autoportanți* (v. fig. 11.1) îndeplinesc aproape aceleași funcțiuni și au, în general, aceeași, alcătuire ca și pereții portanți propriu-ziși, de care se deosebesc, în principal prin faptul că suportă numai greutatea lor pe înălțimea construcției fără a fi solicitați de încărcările verticale transmise de elementele orizontale; rareori, în funcție de rigiditatea lor, ei participă la preluarea încărcărilor orizontale transmise de planșee.

11.3.1. PEREȚI DIN ZIDĂRIE

Grosimea minimă a pereților portanți din zidărie rezultă din cerințele de capacitate portantă (rezistență și stabilitate), fiind în funcție și de mărimea pietrelor folosite. STAS 10 109/0—75 precizează că grosimea minimă a pereților portanți din zidărie este de 25 sau 30 cm (după tipurile de cărămizi sau blocuri), dar în mod excepțional, la construcții de importanță redusă, cu cel mult două niveluri, se admit și ziduri portante cu grosimea egală cu jumătate de cărămidă sau bloc, cu obligația verificării prin calcul a rezistenței și stabilității peretelui și cu respectarea măsurilor constructive stabilite în prescripții.

Grosimea pereților portanți mai este determinată și de condițiile de reze-mare corespunzătoare a planșeelor. În cazul planșeelor realizate din elemente prefabricate (fișii, grinzi), grosimea pereților va fi (fig. 11. 3):

$$d = 2a + r. \quad (11.1)$$

În cazul planșeelor din beton armat monolit $r = 0$. Adîncimea de reze-mare a elementelor prefabricate, a , depinde de o serie de factori (toleranțe, deschidere, sistem constructiv, încărcare maximă etc.), precum și de mărimea rostului de monolitizare care în mod curent este de 5 . . . 10 cm; în general, rezultă o grosime minimă a pereților de 15 cm. În cazul fișilor prefabricate cu goluri, rostul necesar este de 8 cm, rezultînd o grosime minimă a peretelui de 18 cm.

De regulă, grosimea minimă a pereților exteriori rezultă din dimensionarea termică deoarece, folosindu-se la clădiri cu cel mult $P + 4E$, rezultă grosimi mai mici din condiția de rezistență și stabilitate.

Grosimea pereților în care se încastrează scări sau podeste în consolă va fi determinată prin cal-

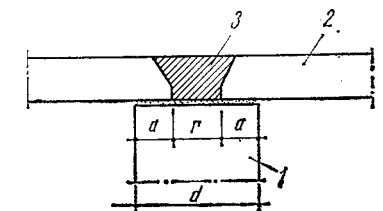


Fig. 11.3. Rezemarea fișilor de planșeu pe pereți din zidărie: 1 — perete portant din zidărie; 2 — fișie prefabricată de planșeu; 3 — monolitizare.

cul, astfel încât să se asigure stabilitatea încastrării elementelor în consolă; se recomandă ca astfel de pereți să aibă grosimea de cel puțin $1\frac{1}{2} c$.

În general, pereții portanți din zidărie se folosesc la clădiri de locuit (blocuri, locuințe unifamiliale), case de odihnă, cămine de locuit, cămine culturale în mediul rural, creșe, grădinițe, ateliere de producție cu regim ușor de exploatare etc.

Îmbunătățirea izolării termice la pereții portanți din zidărie de cărămidă sau din blocuri mici se poate realiza :

- prin rosturi verticale lărgite și uneori umplute cu material termoizolant;
- din două rânduri de zidărie, cu un strat intermediar de aer sau umplut cu material termoizolant, asigurându-se conlucrarea mecanică dintre cele două straturi (v. fig. 7.18);
- din zidărie mixtă cu strat de aer intermediar sau umplut cu material termoizolant și din pietre de zidărie ușoare, izolante termic (v. fig. 7. 1).

Blocurile și panourile mari din zidărie eficientă reprezintă soluții industrializate pentru pereții din zidărie (v. fig. 7. 19 și 7. 20).

11.3.2. PEREȚI DIN BETON MONOLIT

11.3.2.1. Avantajele și dezavantajele utilizării pereților din beton monolit. Pereții din beton monolit utilizați sub formă de diafragme au o serie de avantaje, cum ar fi :

- durabilitate mare;
- capacitate portantă mare, ceea ce permite folosirea lor la clădiri cu multe niveluri;
- prin mărirea secțiunii sau a mărcii betonului, capacitatea portantă se poate mări treptat, de sus în jos, pe măsură ce cresc solicitările (forțe axiale, momente încovoietoare și forțe tăietoare) din încărcările verticale și orizontale;
- îmbinările monolite dintre pereții longitudinali și cei transversali, precum și dintre pereți și planșee, asigură conlucrarea spațială a structurii clădirii;
- tehnologia de execuție permite realizarea lor mai rapid decât a pereților din zidărie.

Dezavantajele pereților din beton monolit sînt :

- betonul are o rezistență termică mică, ceea ce necesită prevederea unui strat de termoizolație pentru pereții exteriori;
- tehnologia de realizare bazîndu-se pe procese umede, nu permite turnarea pereților în perioadele reci ale anului decât cu măsuri speciale pentru a evita înghețarea betonului proaspăt;
- necesită consum mare de cofraje.

11.3.2.2. Alcătuirea pereților din beton monolit. Rezistența termică mică a betonului impune folosirea izolației termice la pereții exteriori, utilizîndu-se astfel pereți stratificați, în care fiecare strat participă la realizarea funcțiunii complexe a peretelui portant exterior în raport cu proprietățile sale. Se pot distinge două structuri obișnuite pentru pereții exteriori (fig. 11.4) :

- structuri din două straturi, unul din straturi avînd funcțiunea portantă și celălalt de izolare termică;
- structuri din trei straturi, tip sandviș, stratul al treilea avînd funcțiunea principală de protecție a stratului termoizolant.

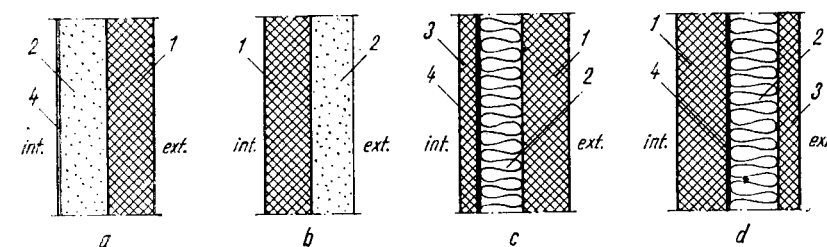


Fig. 11.4. Soluții constructive la pereți exteriori din beton monolit;
a; b — în două straturi, cu stratul termoizolant la interior, respectiv la exterior; c; d — în trei straturi, cu stratul portant la exterior, respectiv la interior; 1 — strat portant; 2 — strat termoizolant; 3 — strat de protecție; 4 — barieră de vapori.

Stratul portant se execută din betoane avînd rezistența de 200 . . . 300 daN/cm². Grosimea rezultă din calculul de rezistență și stabilitate și va fi de cel puțin 12 cm.

În cazul pereților din două straturi, în mod obișnuit stratul termoizolant se execută după realizarea stratului portant sau este folosit drept cofraj pierdut. De aceea, acest strat se va realiza din materiale izolante rigide: blocuri, plăci sau fișii din beton ușor (de granulit, BCA etc.), din corpuri ceramice cu goluri, cărămizi din dialit etc. Stratul termoizolant se poate realiza și prin turnarea monolită a betoanelor ușoare în cofraje.

În cazul pereților în trei straturi, realizarea stratului termoizolant este mai dificilă cînd se utilizează cofraje plane sau spațiale, avînd în vedere turnarea monolită a celorlalte două straturi. În cazul folosirii cofrajelor glisante, stratul termoizolant se realizează ușor, folosind aceleași materiale izolante rigide. Se realizează și pereți exteriori într-un singur strat din betoane ușoare, de rezistență și izolare termică, confecționate cu agregate poroase.

Grosimea stratului termoizolant rezultă în urma dimensionării termice, fiind în funcție de zona climatică, cerințele de confort interior și materialul utilizat (v. capitolul 5).

Grosimea stratului de protecție este cuprinsă între 4 și 7 cm, fiind mai mică dacă este amplasat la interior; la exterior se recomandă grosimi de 5...7cm. Grosimea totală a pereților exteriori rezultă de 22...30 cm; se apreciază că realizarea unor pereți exteriori (omogeni sau stratificați) cu grosimi mai mari de 30 cm nu este avantajoasă.

Pereții interiori se realizează dintr-un singur strat, avînd grosimea determinată din condiții impuse de stările limită ultime (rezistență, stabilitate), de izolarea fonică și de rezemarea planșeelor, luîndu-se egală cel puțin cu 15 cm.

11.3.2.3. Tehnologia de execuție a pereților din beton monolit. Execuția industrializată a pereților din beton se realizează de obicei pe două căi :

- prin turnarea monolită a betonului în pereți, la fața locului (construcții monolite), folosind utilaje și tehnologii care asigură cerințele unei execuții industrializate;
- prin prefabricarea elementelor de dimensiuni medii (plăci, fișii) sau mari (panouri mari, elemente spațiale) cu grad ridicat de finisare, în fabrici fixe sau mobile, care reduc cît mai mult procesele umede pe șantier.

În funcție de tehnologia de execuție, pot fi :

- pereți turnați în cofraje de inventar din panouri de lemn sau metal de dimensiuni mici, dimensiunile (lungimea) acestor panouri fiind mai mici decât dimensiunile (lungimea) unui perete; se pot folosi pentru orice tipuri de partiuri;

— *pereți turnați în cofraje universale tip INCERC* din metal, având dimensiuni mari, ce depășesc, în general, lungimea peretelui unei camere. Se aplică cu eficiență maximă la structurile liniare, fagure sau celulare, modulate sau nu, având pe direcția longitudinală un perete median sau doi pereți și coridor central și pereți exteriori din panouri prefabricate autoportante sau purtate. Se aplică cu eficiență mai redusă la clădirile de formă regulată, dar cu mai mulți pereți longitudinali sau la clădiri cu cadre monolite la fațade și pereți de umplutură;

— *pereți turnați în cofraje plane speciale metalice*, confecționate pe dimensiunile peretilor. Se aplică cu eficiență maximă la structuri liniare sau punct modulate, de tip fagure sau celular (având cel mult 3 celule de dimensiuni diferite) cu pereți exteriori portanți din panouri prefabricate. Se aplică cu eficiență mai redusă la structuri de formă oarecare în plan, de tip fagure cu celule trapezoidale și la clădiri cu cadre monolite în fațade și zidărie de umplutură;

— *pereți turnați în cofraje spațiale metalice*, având dimensiunile egale cu dimensiunile unei camere. Se aplică la clădirile liniare cu distribuție fagure modulate, având unul sau doi pereți longitudinali mediani și pereți exteriori longitudinali din panouri autoportante sau purtate;

— *pereți turnați în cofraje glisante*. Se aplică cu eficiență maximă la clădiri înalte liniare sau punct, de formă regulată, cu distribuție fagure sau celulară, modulată (în general, cu pereții dispuși pe o rețea dreptunghiulară, modulată), având fațadele monolite fără balcoane sau cu balcoane reduse. Cu eficiență redusă se aplică la clădiri cu puține niveluri sau la clădiri cu pereții dispuși după o rețea oarecare, nemodulată.

11.3.3. PEREȚI DIN ELEMENTE PREFABRICATE

Mărimile elementelor prefabricate sînt determinate de posibilitatea alcătuirii partiurilor și de capacitatea mijloacelor de transport și de montaj. În funcție de greutatea elementelor prefabricate, se pot distinge:

— *sisteme cu panouri de dimensiuni medii* avînd greutatea mică (elemente universale), care permit o alcătuire mai liberă a partiurilor și care fac parte din *sistemele deschise*;

— *sisteme cu panouri mari*, de greutate mijlocie care au dimensiunile unei camere sau a două camere și care permit o variație redusă a partiului; sînt *sisteme închise*, cel mai des utilizate în prezent;

— *sisteme cu elemente spațiale* avînd greutatea mare, care sînt tot sisteme închise.

Tendința de mărire a dimensiunilor elementelor are avantajul unei eficiențe mai mari la fabricație și la montaj, obținerii unei structuri cu stabilitate mărită, oferind posibilitatea realizării unui număr mai mare de niveluri, precum și reducerea numărului de îmbinări. Are însă dezavantajul că se transportă și se montează mai greu, necesitînd utilaje de capacitate mare.

Folosind elemente cu greutate mijlocie, se realizează un montaj mai ușor; deși numărul de îmbinări se mărește, aceasta duce la compensarea toleranțelor de fabricație, efectul contracțiilor și dilatării elementelor este mai mic iar solicitarea îmbinărilor mai redusă. Prin folosirea betoanelor ușoare se pot realiza elemente de greutate mai redusă, avînd aceleași dimensiuni ca cele din beton greu.

11.3.3.1. Pereți din panouri mari prefabricate. Panourile mari sînt elemente prefabricate pentru pereți interiori și exteriori, de greutate mijlocie (au greutatea

obișnuită maximă de 48 kN), cu dimensiunile egale sau chiar mai mari decît peretele unei camere.

Alegerea numărului maxim de niveluri este dictată de comportarea la forțe laterale și de considerente economice. Astfel, cele mai răspindite tipuri de clădiri din panouri mari sînt cele cu $P + 4E$ (fără ascensor), la care îmbinările preiau ușor toate solicitările. Tot economice sînt și clădirile cu $P + 8 \dots 10E$, cu un singur ascensor la casa scării, la care îmbinările sînt ceva mai dificil de executat.

Se pot realiza și clădiri cu multe niveluri din panouri mari (25...30 niveluri), în general sub formă de clădiri punct, grosimea pereților portanți la nivelurile inferioare fiind mărită la 25...28 cm. Îmbinările dintre panouri sînt dificile, trebuind să fie rezistente la eforturi de forfecare pentru ca pereții să poată prelua solicitările orizontale; s-au realizat asemenea clădiri la Berlin și Moscova, ambele fiind regiuni neseismice.

11.3.3.1.1. Structura panourilor mari. Se pot deosebi mai multe posibilități de alcătuire a *panourilor exterioare*, care trebuie să satisfacă în primul rînd condițiile de izolare termică și să fie după caz portante sau autoportante:

— *panouri într-un singur strat* (fig. 11.5, a) din betoane ușoare cu agregate poroase (granulit, zgură expandată) sau din betoane celulare (beton celular autoclavizat) sau chiar panouri din zidărie de cărămidă sau din blocuri de beton ușor sau ceramice. Avantajul panourilor mari din betoane ușoare constă în greutatea lor relativ redusă;

— *panouri cu structura cheson*, în două straturi (fig. 11.5, b), formate dintr-o rețea de nervuri cu placă, realizate din betoane compacte, B250 sau B300, confecționate cu agregate grele sau ușoare, care constituie elementul de rezistență. Stratul termoizolant se poate realiza din corpuri prefabricate din betoane ușoare sau din beton ușor turnat între și peste nervuri. Grosimea acestui strat este mai mare decît înălțimea nervurilor, astfel că la interior panoul este practic omogen din punctul de vedere al caracteristicilor termice. Aceste panouri sînt folosite în special în Franța și R.F. Germania;

— *panouri sandviș cu structura în trei straturi* (fig. 11.5, c), tipul cel mai răspîndit în toate țările, deoarece prin diferențierea funcțiunilor materialelor, per-

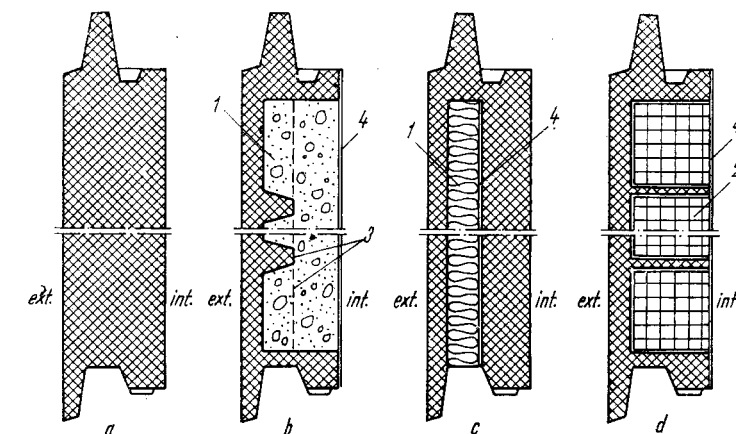


Fig. 11.5. Panouri mari pentru pereți exteriori:
a — în strat unic; b — structură cheson în două straturi; c — structură sandviș în trei straturi; d — structură nervurată; 1 — strat termoizolant; 2 — corpuri termoizolante; 3 — nervuri; 4 — barieră de vapor.

mite folosirea lor cu eficiență maximă la un consum minim. Pentru capacitatea portantă și pentru protecția stratului termoizolant se folosesc betoane compacte de mărci B200 . . . B300, iar pentru rezistența termică, materiale termoizolante cu eficiență ridicată, care pot fi elastice (vată sau pislă minerală), semirigide sau cel mai bine rigide (plăci termoizolante din beton celular spumos aburit, beton celular autoclavizat, polistiren expandat, sticlă spongioasă, beton cu agregate vegetale, beton de granolit etc.). Materialele elastice sînt deformabile, de aceea se recomandă cele rigide. În țara noastră este foarte des folosită structura în trei straturi cu termoizolație din beton celular autoclavizat. Se consideră că în viitor nu este recomandabilă utilizarea betonului celular autoclavizat ca material termoizolant, deoarece are o eficiență mai redusă, greutate mai mare și conduce la grosimi prea mari de panouri (uneori peste 30 cm). De aceea se indică folosirea polistirenului expandat sau a plăcilor rigide din vată minerală (tip SILLAN). La noile proiecte întocmite de ISART-București, pe baza studiilor efectuate în ultimul timp, s-au adoptat panouri de pereți exteriori de 27...28 cm, avînd stratul portant de 12 cm (la P+4E) și de 14 cm (la P+8E), termoizolația de 6...8 cm și stratul de protecție de 6...7 cm;

— *structuri nervurate* (fig. 11.5, d) formate dintr-o rețea de nervuri din beton compact de rezistență, B200 . . . B 300, confecționat cu agregate grele sau ușoare, care înglobează corpuri termoizolante (de preferință ceramice), cu goluri de diferite forme și mărimi.

Pentru *pereți interiori* se folosesc panouri dintr-un singur strat, avînd grosimea determinată din condiții de capacitate portantă, izolare fonică și de rezemare a planșelor. La ISART București s-au adoptat grosimi de 14 cm (la P + 4E) și de 16 cm (la P + 8E).

Panourile din zidărie vibrată (folosite în special în U.R.S.S.) se realizează din cărămizi avînd marca cel puțin 100 și mortar cu marca minimă 75. Grosimea pereților rezultă din calcul și poate fi de 1 1/2; 1 sau 1/2 cărămizi. Panourile pentru pereți exteriori se pot alcătui:

- într-un singur strat;
- în două straturi, un strat fiind termoizolație rigidă cu rezistența de cel puțin 10 daN/cm²;
- în trei straturi, cu strat intermediar termoizolant, care poate fi semirigid sau elastic.

În țara noastră au început să se efectueze studii și experimentări pentru realizarea pereților portanți și autoportanți din fișii și panouri din beton celular autoclavizat, care deocamdată se folosesc la clădiri cu parter sau parter și un etaj.

11.3.3.1.2. *Echipamentul și prefinisarea panourilor mari.* În scopul reducerii volumului de manoperă pe șantier și a reducerii duratei de execuție, este necesar ca la livrare, panourile mari să fie dotate cu cea mai mare parte din echipamentul necesar pentru exploatarea construcției:

- elemente necesare pentru realizarea îmbinărilor;
- elemente de instalație electrică (tuburi, conductori, doze, prize etc.);
- elemente de instalații tehnico-sanitare și de încălzire;
- elemente de tâmplărie (uși, ferestre).

Prefinisarea panourilor mari constă în livrarea lor pe șantier cu suprafețe cit mai netede, astfel ca după montare să fie necesară doar finisarea prin aplicare de tencuieli subțiri (diferite paste și vopsele aplicate pe suprafețele respective cu șpaclul într-un strat de circa 1 mm și care poate fi zugrăvit sau vopsit).

Se caută a se realiza panouri cu paramentul exterior finisat complet în fabrică. În acest sens se pot menționa următoarele tipuri de finisaje:

- cu betoane aparente, cu parament brut;
- cu betoane aparente decorative;
- cu placaje ceramice smălțuite;
- cu vopsitorii pe bază de materiale plastice;
- cu placaje din plăci de materiale plastice.

Panourile mari din beton celular autoclavizat se vor finisa în straturi subțiri pentru a nu se desprinde de stratul suport, care este destul de friabil și cu absorbție ridicată de apă. Dintre aceste finisaje, cele mai des folosite sînt:

- finisaje pe bază de mortare în straturi subțiri;
- finisaje pe bază de materiale plastice;
- finisaje pe bază de material concasat, presat direct în stratul exterior de beton celular.

11.3.3.1.3. *Sisteme de îmbinare.* Problema îmbinărilor este cea mai dificilă din ansamblul celor care se pun la executarea, asigurarea rezistenței și stabilității structurilor, la clădirile din panouri mari prefabricate. Îmbinările trebuie proiectate și realizate astfel încît să redea continuitatea structurii, ca aceasta să se comporte sub acțiunea încărcărilor ca o structură monolită. În acest scop este necesar ca la alcătuirea îmbinărilor să se aibă în vedere următoarele principii:

- îmbinările să fie astfel concepute (cantitativ, loc de plasare etc.) și alcătuite încît să asigure preluarea solicitărilor ce le revin din acțiunea încărcărilor de orice fel;
- să se poată plastifica la solicitări foarte mari, pentru a evita prăbușirea clădirii și ruperea lor casantă;
- transmiterea eforturilor de compresiune se va face prin beton și a celor de întindere prin armăturile innădite cu sudură, petrecere sau bucle;
- transmiterea eforturilor tangențiale între panouri se va face prin alveole și praguri.

În general, îmbinările trebuie să realizeze continuitatea peretelui atît pe orizontală cît și pe verticală, precum și conlucrarea spațială a pereților transversali cu cei longitudinali și legătura pereților cu planșeele. Totodată îmbinările trebuie să asigure continuitatea planșelor astfel încît acestea să lucreze ca o saibă indeformabilă, care prin rigiditatea lor mare, să asigure conlucrarea pereților (diafragmelor) la acțiunea încărcărilor orizontale. La pereții din panouri mari se disting, în primul rînd, rosturile verticale (unde se îmbină numai panouri de pereți) și rosturile orizontale (unde se îmbină panourile de pereți cu panourile de planșeu).

În funcție de modul de realizare a *rosturilor verticale* se disting două tipuri principale de îmbinări ale panourilor mari:

- *îmbinări la colțurile panourilor*, bazate pe principiul concentrării eforturilor în colțuri (fig. 11.6), realizate prin sudura armăturilor (îmbinări uscate);
- *îmbinări pe conturul panourilor*, bazate pe principiul distribuirii eforturilor pe margini (fig. 11.7) realizate prin betonare (îmbinări umede).

În figura 11.8 se prezintă trei tipuri de îmbinări la colțurile panourilor. Se observă că eforturile de întindere sînt preluate de armături, iar cele de compresiune prin beton. La schimbarea sensului de acțiune a lunecării *L* aferentă unui nivel (care se produce la schimbarea sensului de acțiune a încărcărilor laterale), se inversează zonele de lucru ale nodurilor. Cînd se schimbă sensul lunecării la îmbinarea din figura 11.8, *a*, va lucra armătura ascendentă și diagonală descendentă; în îmbinarea din figura 11.8, *b* armătura va lucra în mod identic,

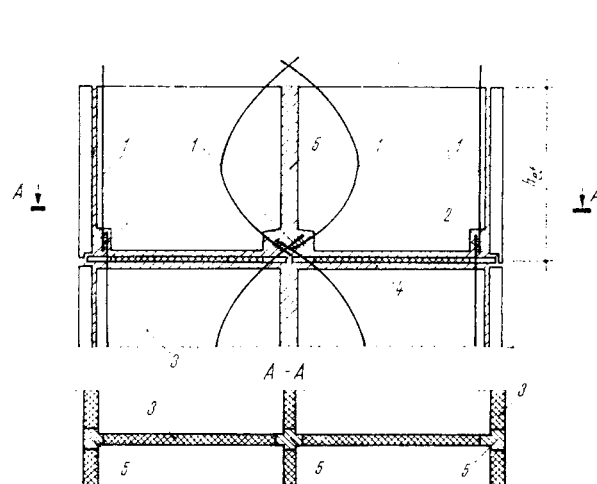


Fig. 11.6. Îmbinarea la colțuri a panourilor mari:
1 - armătură de continuitate; 2 - sudură; 3 - panou de perete;
4 - panou de planșeu; 5 - rost vertical monolitizat.

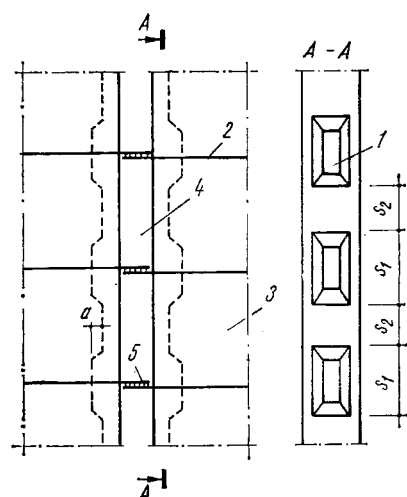


Fig. 11.7. Îmbinarea panourilor pe contur:
1 - alveolă; 2 - armătură de continuitate;
3 - panou; 4 - rost vertical; 5 - sudură.

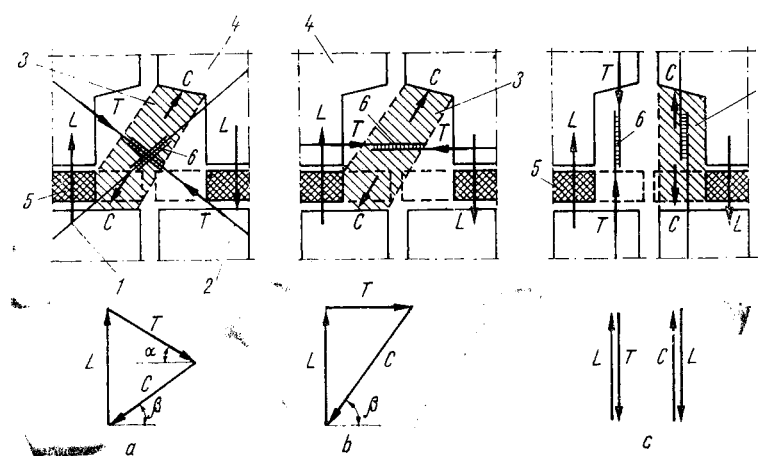


Fig. 11.8. Modul de lucru al îmbinărilor la colțuri:
a - cu armături înclinate; b - cu armături orizontale; c - cu armături verticale; L - lunecarea de nivel; T - efort de întindere în armătură; C - efort de compresiune în beton;
1 - armătură ascendentă; 2 - armătură descendentă; 3 - zona comprimată a betonului;
4 - panou de perete; 5 - panou de planșeu; 6 - sudură.

în schimb va fi comprimată diagonală descendentă, iar în îmbinarea din figura 11.8, c va lucra armătura din dreapta și betonul din stânga. Se observă că cea mai bună conlucrare între panouri se obține la îmbinarea din figura 11.8, a, îmbinările din figurile 11.8, b și c prezintă o conlucrare mai slabă. La îmbinarea din figura 11.8, b nu se realizează continuitatea pe verticală a panourilor, iar la cea din figura 11.8, c nu se realizează continuitatea pe orizontală. O continuitate bună se obține prin combinarea sistemului de îmbinare din figura 11.8, b cu cel din figura 11.8, c. Sistemul din figura 11.8, c se poate îmbunătăți printr-o centură orizontală dacă se iau măsuri ca panourile să conlucreze cu centura (prin mustați, alveole sau praguri). Sistemul din figura 11.8, c nu asigură o

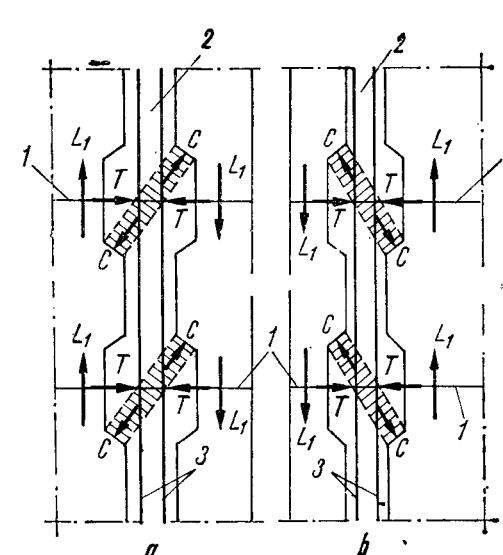


Fig. 11.9. Modul de lucru al îmbinărilor pe contur:
a; b - variante de îmbinări cu încărcări laterale acționând spre stânga, respectiv spre dreapta; L₁ - lunecarea aferentă unui prag; T - efortul de întindere din armătură; C - efortul de compresiune din beton; 1 - armătură orizontală pentru asigurarea continuității; 2 - rost vertical; 3 - armătură verticală în rost pentru asigurarea continuității.

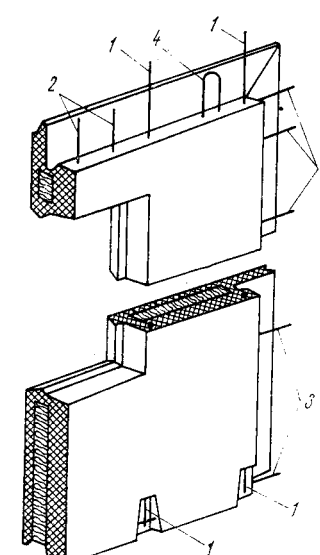


Fig. 11.10. Panou prefabricat pentru peretele exterior:
1 - armături de continuitate pe verticală;
2 - armături pentru legarea cu panoul de planșeu; 3 - armături pentru continuitatea pe orizontală; 4 - buclă pentru prinderea în cîrligul macaralei.

conlucrare bună între panourile adiacente, ceea ce poate duce la apariția unor fisuri în lungul rostului vertical marginal.

Sistemul cu îmbinări umede pe contur este cel mai răspândit, datorită avantajelor pe care le prezintă: distribuirea lunecării de nivel și realizarea continuității (fig. 11.9). Continuitatea pe orizontală se realizează prin armăturile orizontale sudate care ies în dreptul alveolelor, iar pe verticală cu ajutorul armăturilor din rosturile verticale și a unor armături verticale din panou, în special a celor amplasate la colțuri, care se sudează (fig. 11.10).

În figura 11.11 se prezintă câteva tipuri de intersecții și de rosturi verticale între panouri.

În îmbinările orizontale se realizează atât legătura dintre panourile de pereți, dintre panourile de planșeu, cât și cea dintre pereți și planșee. Este indicat ca îmbinările orizontale să se realizeze prin subbetonare, cu rezemarea provizorie a panourilor superioare de pereți. După turnarea și compactarea betonului din centură, dispozitivele pentru rezemarea provizorie a panourilor de pereți se îndepărtează (sau se slăbesc), astfel ca transmiterea încărcărilor verticale să se facă uniform distribuit prin betonul turnat în îmbinare. Pentru a asigura o transmitere cât mai directă a eforturilor verticale, este necesar ca suprafața de rezemare a panourilor de planșeu să fie cât mai mică (ținând seama de toleranțe), asigurându-se totuși siguranța necesară.

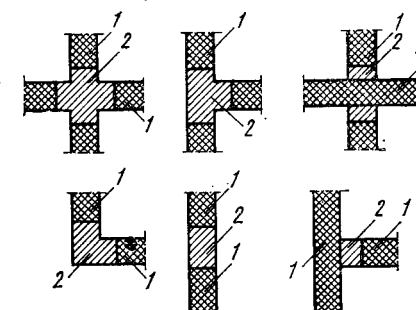
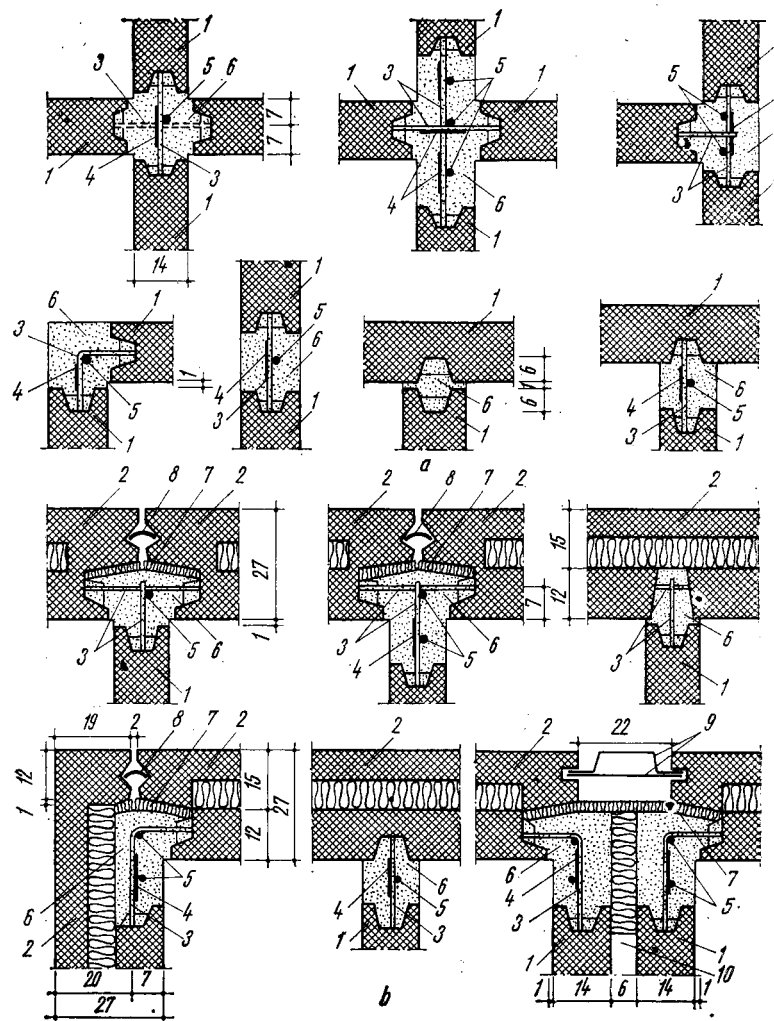


Fig. 11.11. Tipuri de rosturi verticale:
1 - panou prefabricat de perete; 2 - monolitizare verticală.



Suprafețele de rezemare a panourilor de pereți (canturile) pot fi netede sau prevăzute cu praguri și alveole distribuite uniform.

În figurile 11.12; 11.13 și 11.14 se prezintă rezolvările constructive ale rosturilor verticale și orizontale la îmbinarea panourilor mari, folosite în țara noastră, iar în figura 11.15, diverse rezolvări de rosturi aplicate în străinătate.

O altă problemă importantă care necesită o rezolvare corectă la clădirile din panouri mari este etanșarea rosturilor. Se pot distinge diverse soluții în rezol-

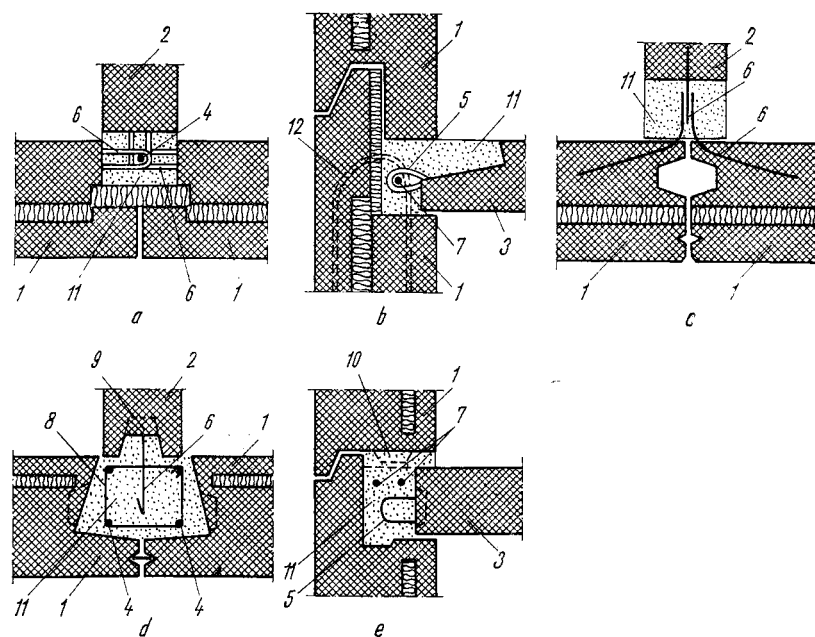


Fig. 11.15. Detalii de îmbinări la rosturile dintre panourile prefabricate, folosite în străinătate:

a; b - sistem Camus-Lorraine, pentru rosturile verticale, respectiv pentru cele orizontale; c - sistem ABC - Coignet pentru rosturile verticale; d; e - sistem Balency - Schuhl pentru rosturile verticale, respectiv pentru cele orizontale; 1 - panou exterior; 2 - panou interior; 3 - panou de planșeu; 4 - armătură verticală; 5 - bucle de armătură din planșeu; 6 - armătură de continuitate pe orizontală; 7 - armătură în lungul rostului orizontal; 8 - etrier; 9 - alveolă; 10 - prag; 11 - beton de monolitizare; 12 - armătură de legătură cu planșeul.

varea etanșării (cu chit, cu profiluri de etanșare, cu rosturi închise sau deschise etc.), o parte din acestea fiind prezentate în figura 11.16.

11.3.3.2. Pereți din elemente spațiale. Elementele spațiale portante prefabricate pentru clădiri, executate pe cale industrială, au mărimea unei camere sau a unui grup de încăperi (de exemplu, a unui apartament). Acestea se confecționează în condiții de fabrică și se livrează pe șantier cu toate instalațiile montate și cu un grad maxim de finisare.

Avantajele folosirii elementelor spațiale decurg din gradul ridicat de industrializare, reducerea consumului de manoperă, scurtarea duratei de execuție. Dezavantajele rezultă din volumul și greutatea lor mare (60...110 kN, pentru elemente spațiale de dimensiunile unei camere și 700...900 kN, și chiar mai mult pentru cele de dimensiunile unui apartament), ceea ce necesită utilaje speciale de transport și montaj, din dificultatea schimbării tipurilor de elemente utilizate și din prețul de cost care este mai ridicat decât la panourile mari. Un studiu efectuat în U.R.S.S. a arătat că mărirea dimensiunilor elementelor spațiale pînă la dimensiunea unei camere este avantajoasă, însă mărirea în continuare necesită utilaje speciale de transport și montaj și nu conduce la avantaje substanțiale.

Elementele spațiale de dimensiunea unei camere pot fi realizate:

— prin turnarea monolită a unei cabine spațiale alcătuită din patru pereți și un planșeu;

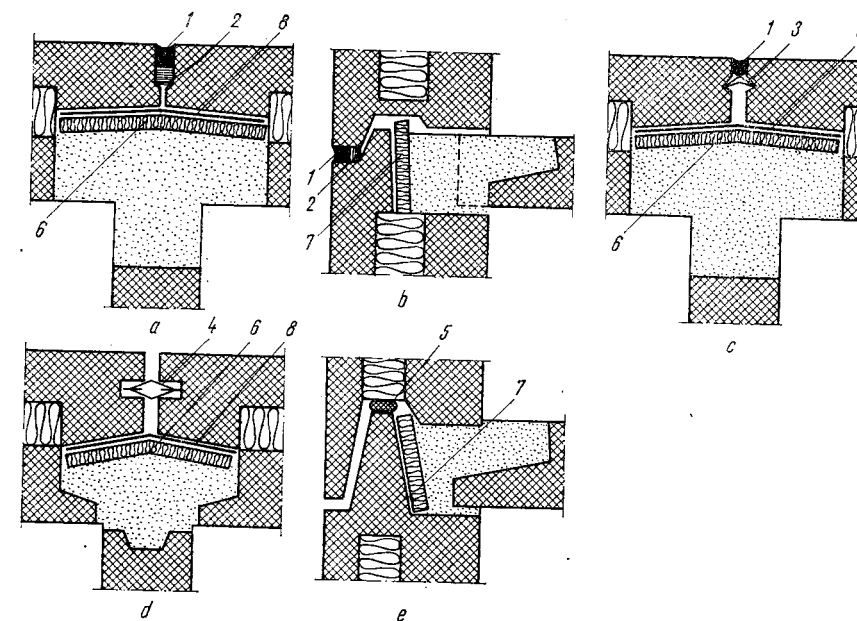


Fig. 11.16. Soluții de principiu folosite la etanșarea rosturilor:

a; b - rost vertical, respectiv orizontal, închis cu chit, fără profil de etanșare; c - rost vertical închis cu chit și cu profil special de etanșare; d - rost vertical deschis, cu profil special de etanșare; e - rost orizontal deschis, fără profil de etanșare; 1 - chit; 2 - strat suport deformabil; 3; 4 - profiluri speciale de etanșare; 5 - bandă compresibilă; 6 - bandă termolizantă verticală; 7 - bandă termolizantă orizontală; 8 - folie din PVC.

— prin asamblarea a șase panouri în scopul formării unui paralelipiped rigid (tip cutie).

Elementele spațiale cu cinci fețe pot fi de *tip pahar* (fig. 11.17, a), la care se toarnă patru pereți și panoul inferior de planșeu (pardoseală) și de *tip calotă* (fig. 11.17, b), la care se toarnă patru pereți și panoul superior de planșeu (tavan). Elementele spațiale realizate prin turnare monolită se pot completa cu un panou de planșeu prefabricat, iar în unele cazuri se pot completa și pereții exteriori cu elemente sub formă de panouri prefabricate.

Îmbinările elementelor spațiale, ca și în cazul panourilor mari, trebuie să redea monolitismul structurii. În comparație cu îmbinările panourilor mari, numărul de îmbinări la elementele spațiale este în general mai redus, rezultând astfel solicitări mai mari ceea ce constituie un dezavantaj. Fiind mai puține, se reduce manopera și numărul etanșărilor la rosturi, ceea ce constituie un avantaj la execuție.

În figura 11.18 se prezintă o variantă de îmbinare a elementelor spațiale cu sudarea armăturilor de continuitate prin intermediul unor plăcuțe metalice.

Fixarea și stabilitatea panourilor mari și a elementelor spațiale supuse la forțe laterale importante se realizează în ultimul timp cu toroane sau cabluri dispuse în rosturile verticale, postîntinse după montarea elementelor prefabricate pe întreaga înălțime a construcției.

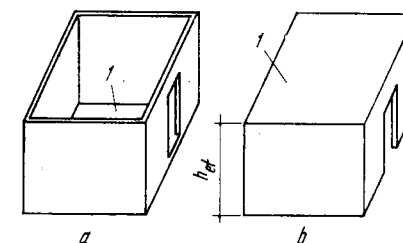


Fig. 11.17. Elemente spațiale:
a - tip pahar; b - tip calotă; 1 - planșeu.

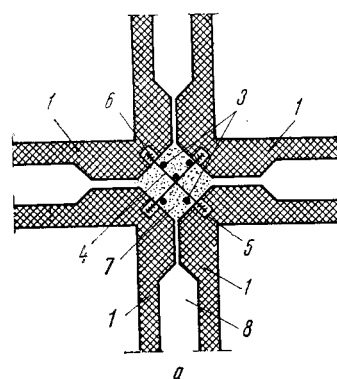


Fig. 11.18. Detalii de îmbinare a elementelor spațiale:

a - la un rost vertical interior;
b - la un rost vertical exterior;
1 - element spațial; 2 - cheson exterior; 3 - armături verticale;
4 - armături pentru asigurarea continuității în plan orizontal;
5 - plăcuță metalică; 6 - sudură;
7 - rost vertical monolitizat;
8 - gol de aer sau material izolant termic sau fonic.

11.4. PEREȚI PURTAȚI

Funcțiunea pereților purtați este numai de delimitare a spațiului avînd rol de a separa încăperile din cadrul aceleiași unități funcționale (camerele într-un apartament, birouri etc.), unități funcționale între ele (apartamente, birouri, ateliere etc.), sau mediul interior de cel exterior. În funcție de poziția lor pot fi pereți purtați interiori, de compartimentare sau pereți purtați exteriori, de închidere. În categoria pereților purtați se pot distinge: pereți purtați propriu-ziși sau pereți de umplutură.

Prin *pereții purtați propriu-ziși* se înțeleg pereții ușori, care pot fi dispuși pe planșeu oricum, în cadrul unui contur portant (v. fig. 11.2, a). Dacă au o greutate mai mică de 500 daN/m, se pot considera ca o încărcare echivalentă uniform distribuită în limitele conturului portant respectiv. În caz contrar se va considera acțiunea lor reală.

Pereții de umplutură se folosesc la clădirile cu structura de rezistență formată din cadre, sînt amplasați în planul cadrelor și suportați, pe înălțimea unui nivel, de riglele acestora (v. fig. 11.2, b).

Din condițiile tehnice ale pereților purtați, trebuie reținute, în special, cele fizice și mecanice. În cadrul condițiilor fizice se pun cerințe de izolare fonică la pereții interiori și de izolare termică și fonică la cei exteriori. În cadrul celor mecanice se pun condiții speciale de realizare a unei anumite rezistențe pentru preluarea șocurilor accidentale, iar unde este cazul, pentru a putea suporta instalații tehnico-sanitare (conducte, lavoare etc.) sau pentru a permite atîrnarea unor greutăți (biblioteci suspendate, dulapuri de bucătărie prinse pe pereți etc.).

Se recomandă a se folosi elemente ușoare de compartimentare și de închidere. În acest scop se folosesc din ce în ce mai mult pereții purtați ușori, alcătuiți din mai multe straturi, sub formă de ecrane acustice multiple, cu legături elastice pe contur și între straturile componente, care constituie elemente complexe, adevărate subsansambluri și dau posibilitatea obținerii izolării acustice contra zgomotului aerian la greutăți unitare chiar mai mici de 1 000 N/m². De

regulă, fiecare strat de material îndeplinește funcții diferite (de rezistență, etanșeitate, izolare termică sau fonică etc.). La pereții exteriori purtați se indică folosirea materialelor eficiente izolante fonic sau termic ($\gamma_a \leq 1\,000\text{ N/m}^3$) și cu proprietăți superioare de rezistență și deformabilitate, sub formă de plăci rigide, cu deformabilitate și tasare mică sub încărcări (de exemplu, plăci de polistiren, din vată minerală rigidizată etc.).

11.4.1. PEREȚI PURTAȚI INTERIORI

După materialul utilizat și după tehnologia de execuție pot fi:

- pereți executați la fața locului (din zidărie, pereți speciali cu schelet și elemente de umplutură);
- pereți din elemente prefabricate (plăci, fișii, panouri).

11.4.1.1. Pereți purtați din zidărie. Se realizează prin executarea unei zidării avînd grosimea egală cu cea a pietrelor sau cu lățimea lor. În general, se pot realiza în trei variante:

— din cărămidă obișnuită sau eficientă, blocuri ceramice, blocuri din beton cu goluri, blocuri sau plăci din BCA, plăci din betoane ușoare, pietrele fiind dispuse pe cant (fig. 11.19, a). Grosimea peretelui este egală cu dimensiunea mică a pietrei de zidărie;

— din cărămidă, blocuri ceramice, blocuri din BCA, blocuri din beton, cu pietrele dispuse pe lat (fig. 11.19, b). Grosimea peretelui este egală cu dimensiunea mijlocie a pietrei;

— din cărămizi speciale (fig. 11.19, c), plăci de ipsos, plăci din BCA etc.

Pereții din cărămizi sau blocuri așezate pe cant se execută cu mortar marca M50 și în funcție de mărimea lor și de zona seismică se întăresc cu armături înglobate în rosturi sau cu stâlpișori de beton armat legați de planșee și dacă este cazul și cu centuri intermediare de beton armat.

Practicarea de șlițuri prin spargere, pentru conductele de instalații, este interzisă la pereții cu grosimea de 7,5 cm.

Obiectele sanitare se pot monta pe pereți cu grosimi de cel puțin 12,5 cm. În mod excepțional, se pot monta și pe pereți cu grosimea de 7,5 cm, cu luarea unor măsuri speciale de repartizare a încărcărilor la mai multe rînduri de cărămizi, prin intermediul unor plăci metalice.

În scopul măririi capacității de izolare fonică se pot realiza pereți din două straturi de zidărie și cu strat intermediar de aer sau umplut cu material fonoizolant. Aceste soluții sînt neeconomice, pereții au greutate mare și se folosesc numai în cazuri speciale.

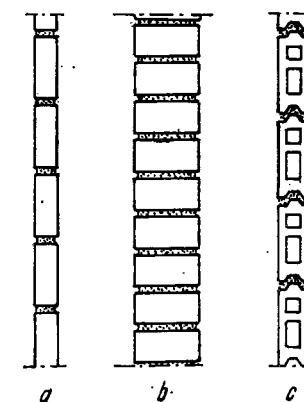


Fig. 11.19. Pereți purtați din zidărie:

a - cu pietrele așezate pe cant; b - cu pietrele așezate pe lat; c - din cărămizi speciale.

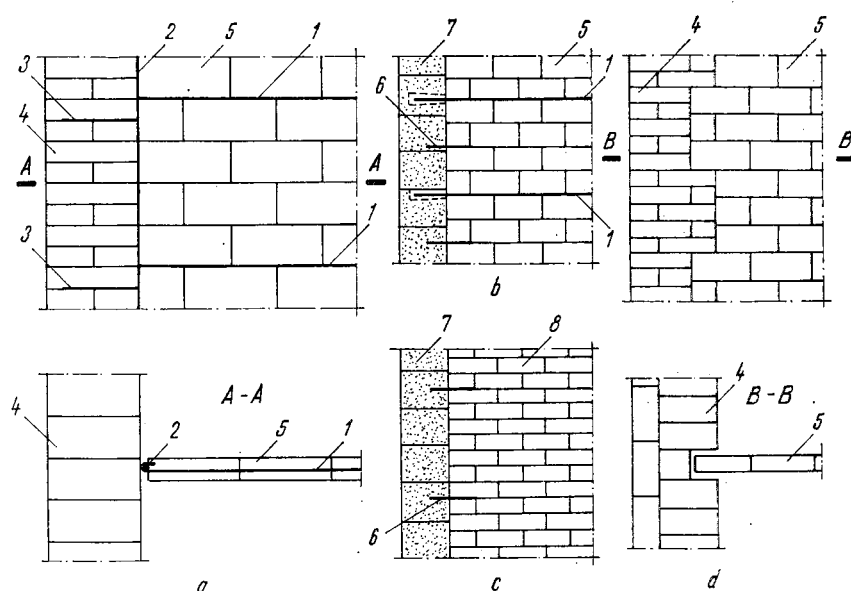


Fig. 11.20. Rigidizarea pereților purtați din zidărie:
a — prin intermediul armăturilor; b — cu ajutorul cuielor și armăturilor; c — cu ajutorul cuielor; d — prin încadrare; 1 — armătură orizontală; 2 — armătură verticală; 3 — ancorarea armăturii verticale în peretele portant; 4 — zidărie portantă din cărămidă; 5 — perete din zidărie pe cant; 6 — cuie; 7 — perete portant din blocuri de BCA; 8 — perete din zidărie pe lat.

Printre avantajele pereților purtați din zidărie se pot menționa: capacitatea corespunzătoare de izolare fonică și prețul de cost relativ redus. Dezavantajele utilizării pereților din zidărie sînt: realizarea lor se face prin procedee umede, manopera este ridicată, nu permit industrializarea, iar productivitatea în execuție este mică.

O problemă specială care se pune la aceste tipuri de pereți este rigidizarea lor, mai ales în cazul grosimilor mici, care se poate face:

- cu ajutorul armăturilor, utilizate la legătura cu pereții portanți din zidărie realizați din pietre de marcă ridicată (fig. 11.20, a);
- cu ajutorul cuielor, în special în cazul pereților portanți din BCA, care permit baterea lor ușoară (fig. 11.20, b, c);
- prin încadrare, numai în cazul cînd asizele au dimensiuni modulate pe baza aceluiași modul (fig. 11.20, d).

Tot în cadrul pereților purtați din zidărie, intră și pereții din dale de sticlă (dale Nevada), cu grosimea de 4 cm; în toate rosturile orizontale și verticale, înainte de montarea dalelor, se dispun bare de oțel-beton $\varnothing 6 \dots \varnothing 12$ mm care formează o rețea rectangulară (fig. 11.21).

11.4.1.2. Pereți purtați realizați cu schelet și elemente de umplutură. Se folosesc la izolarea fonică a unor încăperi speciale, cum ar fi: studiouri de radio și televiziune, săli acustice, auditorii etc. Scheletul se realizează din lemn sau metal, iar umplutura din material fonoizolant, peste care se aplică un strat adecvat cu rol de finisaj și izolare.

11.4.1.3. Pereți purtați din fișii prefabricate. Față de pereții din zidărie, aceștia prezintă o serie de avantaje:

- permit execuția industrializată;
- se reduce manopera pe șantier;
- crește productivitatea la execuție.

Aceste tipuri de pereți se realizează prin dispunerea pe verticală, între două planșee, a fișilor prefabricate, care au lungimea egală cu înălțimea camerei (fig. 11.22).

Ca tipuri de fișii folosite se pot menționa:

- fișii din ipsos, pline, cu goluri sau cu structura fagure (fig. 11.23, a);
- fișii din beton celular autoclavizat (fig. 11.23, b);

— fișii din produse superioare din lemn, PFL și PAL (fig. 11.23, c, d, e, f, g, h, i, j);

— fișii din materiale plastice (fig. 11.23, k);

— fișii din profiluri de sticlă, profilat (fig. 11.23, l).

În cazul pereților purtați din fișii se pun probleme de rezolvare a îmbinărilor între fișii (fig. 11.24) și la prinderea de tavan și de pardoseală (fig. 11.25).

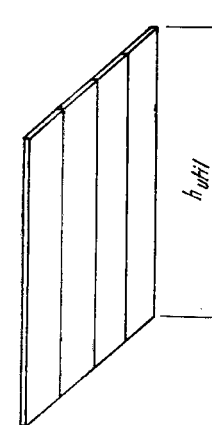


Fig. 11.22. Schema pereților purtați realizați din fișii prefabricate.

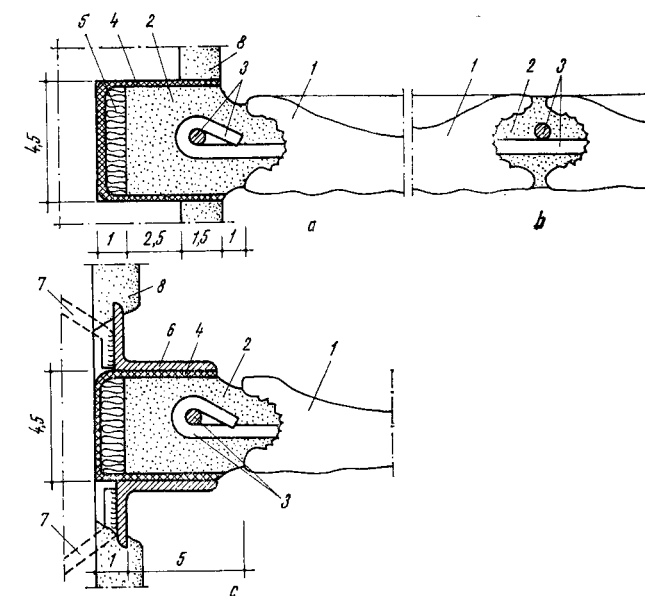


Fig. 11.21. Pereți din dale de sticlă tip S:
a, c — detalii de îmbinare cu perete sau planșeu; b — detaliu de rost orizontal sau vertical; 1 — dală de sticlă; 2 — mortar de ciment; 3 — armătură; 4 — carton sau pînă bitumată; 5 — spațiu de dilatare umplut cu polistiren, PFL poros sau pislă minerală; 6 — profil cornier $45 \times 28 \times 7$; 7 — prazn; 8 — tencuială.

Aceste îmbinări trebuie să fie capabile să preia șocurile orizontale accidentale și să le transmită elementelor structurale. Îmbinarea la partea de sus trebuie să fie elastică pentru a permite deplasarea liberă a planșeului superior, fără să producă încărcarea peretelui, ceea ce ar conduce la deteriorarea lui prin fisurare sau flambaj. Îmbinările la partea inferioară se realizează prin împănare care are drept scop ridicarea fișiiilor și fixarea lor la partea de sus prin asigurarea unei anumite presiuni, care însă datorită prezenței materialului elastic, permite deplasarea liberă a planșeului superior.

11.4.1.4. Pereți purtați din panouri. Au dimensiunea egală cu un perete sau o jumătate de perete, permit cel mai înalt grad de industrializare și cea mai rapidă execuție.

Se pot realiza dintr-un singur strat sau din mai multe, în funcție de gradul de izolare fonică necesar. Îmbinările se fac ca și în cazul pereților din fișii.

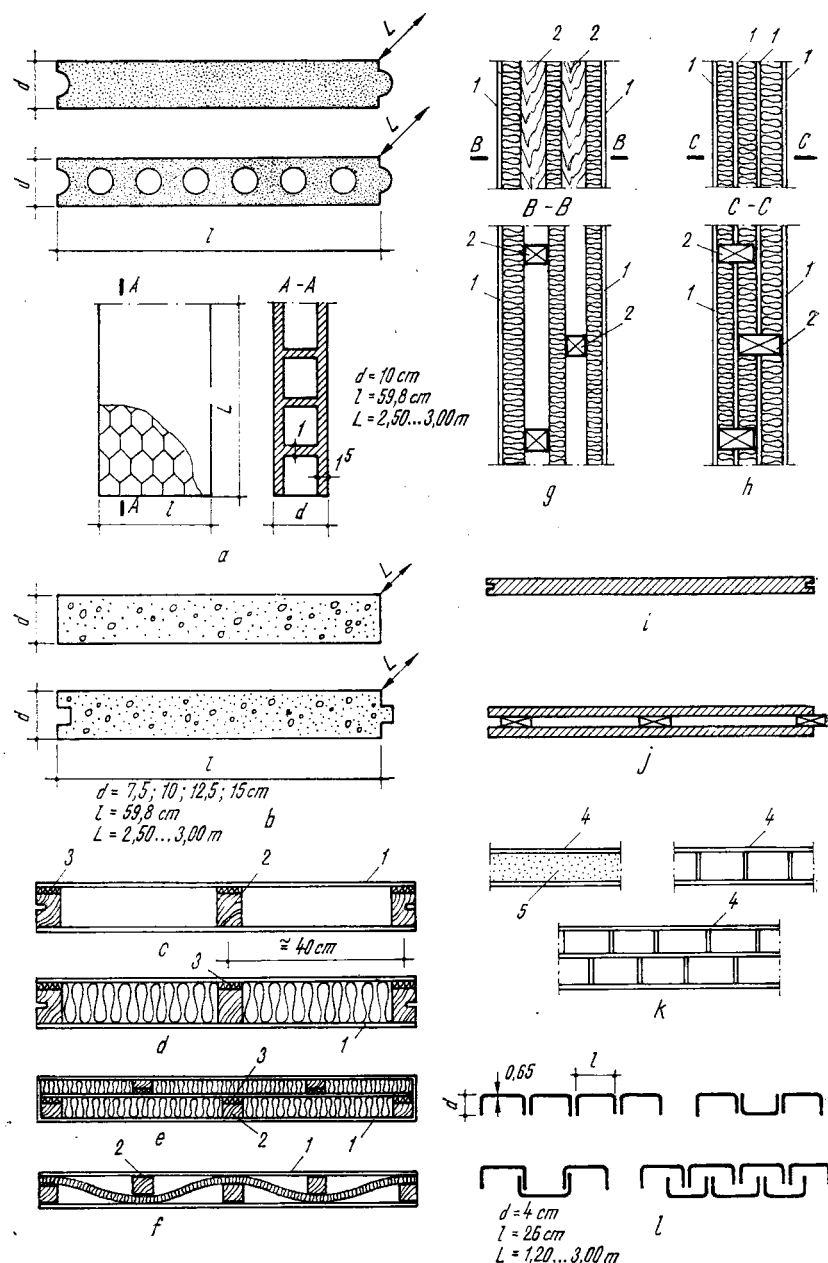


Fig. 11.23. Fișii prefabricate pentru pereți:

a - fișii din ipsos, pline, cu goluri și sistem fagure; b - fișii din BCA, cu canturi drepte și cu lambă și uluc; c - fișie din PFL, cu gol de aer; d - fișie din PFL, cu miez fonoizolant; e - fișie din PFL, realizată în două straturi; f - fișie din PFL, cu saltele din vată minerală; g - fișie din PFL cu două straturi de aer; h - fișie din PFL, în trei straturi; i - fișie din PAL, realizată într-un singur strat; j - fișie din PAL, realizată cu gol de aer; k - fișii din materiale plastice cu miez izolat și cu structură fagure în două sau în trei straturi; l - fișii din profiluri de sticlă (profilit) în unu sau două straturi; 1 - PFL dur; 2 - schelet din lemn; 3 - legătură elastică; 4 - strat vizibil din materiale plastice; 5 - miez fonoizolant din materiale plastice expandate.

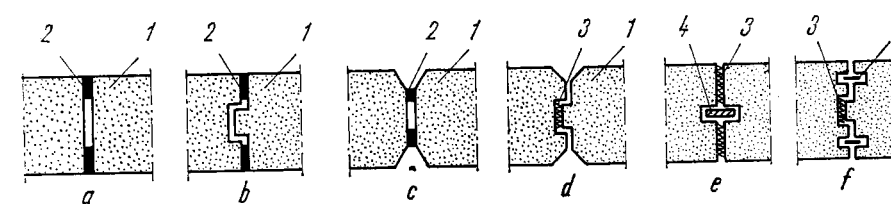


Fig. 11.24. Îmbinarea fișilor de perete la rosturile verticale:

a; b - cu mortar adeziv în rosturi mascate; c - cu mortar adeziv în rosturi aparente; d - cu lambă și uluc, la pereții demontabili; e; f - cu plăcuțe de îmbinare; 1 - fișie de perete; 2 - mortar adeziv; 3 - material elastic (vată minerală, spumă elastică de poliuretan etc.); 4 - plăcuță de îmbinare din lemn, metal sau PFL dur.

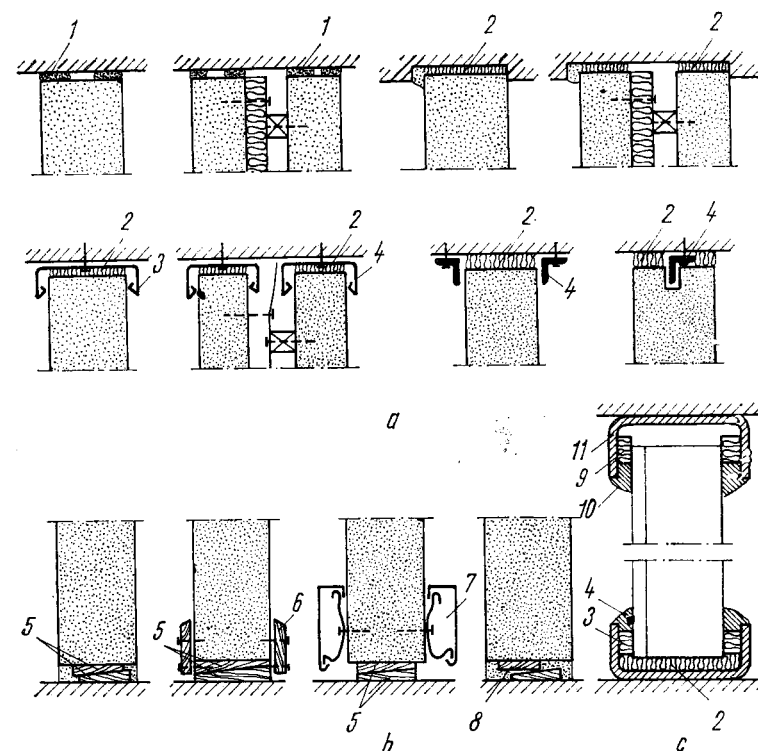


Fig. 11.25. Fixarea fișilor de perete:

a - la partea de sus cu mortar adeziv, cu uluc praticat în placă sau grindă, cu profiluri din tablă sau cu corniere; b - la partea inferioară cu pene din lemn și mortar de matură, cu pene și pervazuri din lemn, cu pene și profiluri din materiale plastice sau cu plăcuță din beton și pană de lemn; c - montarea profilului; 1 - mortar adeziv; 2 - material plastic; 3 - profil din tablă; 4 - profil cornier; 5 - pene din lemn; 6 - pervaz din lemn; 7 - profil din material plastic; 8 - plăcuță de beton; 9 - bandă din polistiren expandat; 10 - cânt; 11 - profil metalic.

11.4.2. PEREȚI PURTAȚI EXTERIORI

În scopul micșorării încărcărilor pe structura de rezistență, se caută ca pereții purtați exteriori (ca de altfel și cei interiori) să aibă o greutate cât mai redusă. Fațadele clădirilor realizate din elemente de închidere având greutăți mici în comparație cu elementele de rezistență, constituie așa-zisele fațade ușoare.

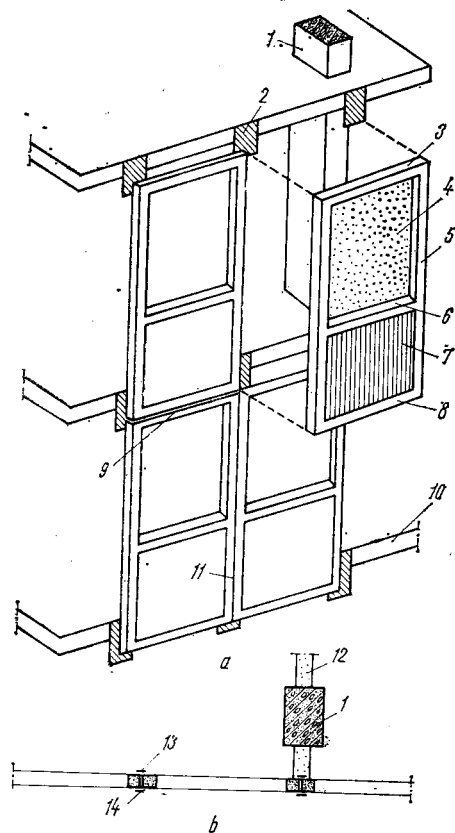


Fig. 11.26. Schema de montaj a unei fațade-cortină din panouri:

a - vedere; b - secțiune; 1 - stîlp din beton retras de la fațadă; 2 - legătură reglabilă pe trei direcții; 3 - traversă superioară; 4 - timplărie; 5 - montan; 6 - traversă mediană; 7 - parapet; 8 - traversă inferioară; 9 - îmbinare orizontală; 10 - planșeu; 11 - îmbinare verticală; 12 - perete despărțitor; 13 - baghetă pentru acoperirea rostului interior; 14 - baghetă pentru acoperirea rostului exterior.

Montarea panourilor se poate face:

- direct pe planșee;
- prin intermediul unor rigle sau cadre (fig. 11.30).

În figura 11.31 se prezintă diverse detalii de montare a panourilor de umplură, în funcție de poziția relativă a acestora față de stîlpi.

11.4.2.3. Fațade semicortină. La aceste tipuri de fațade există un parapet obișnuit, în exteriorul căruia se montează independent fațada propriu-zisă. Parapetul se realizează din materiale tradiționale: zidărie de cărămidă, de BCA, din beton monolit etc. În figura 11.32 se prezintă câteva soluții de fațade semicortină.

Acest sistem (folosit foarte mult în S.U.A.) are o serie de avantaje și dezavantaje. Ca avantaje se pot menționa:

- se pot simplifica racordurile parapet-stîlp;
- șocurile accidentale sînt preluate direct de parapet;

Realizarea acestor elemente se face, de obicei, sub formă de panouri prefabricate care se montează. Soluția se aplică, în special, în cazul clădirilor cu structură în cadre, dar se poate folosi și la clădiri cu pereți portanți avînd distribuția fagure sau chiar celulară.

În ceea ce privește concepția fațadelor ușoare, se pot distinge următoarele moduri generale de alcătuire:

- fațade-cortină (pereți-cortină);
- fațade din panouri de umplură;
- fațade semicortină;
- fațade din sticlă.

11.4.2.1. Fațade-cortină. Caracteristica principală a fațadelor-cortină este că panourile trec prin fața planșeelor, peretele exterior fiind, în ansamblu, asemănător cu o cortină care maschează structura de rezistență.

Există două sisteme de prindere a panourilor:

- direct de planșee, cu ajutorul unor dispozitive de fixare așezate obișnuit la colțuri (fig. 11.26);
- pe rigle verticale, pe rigle orizontale sau pe rigle amplasate pe ambele direcții (fig. 11.27 și 11.28).

Poziția stîlpilor față de panouri poate fi:

- în spatele acestora, la limită sau retrasi (fig. 11.29, a, b);
- în dreptul panourilor (fig. 11.29, c, d).

11.4.2.2. Fațade din panouri de umplură. Spre deosebire de fațadele-cortină, panourile de umplură sau panourile de fațadă se montează între planșee, care rămîn aparente.

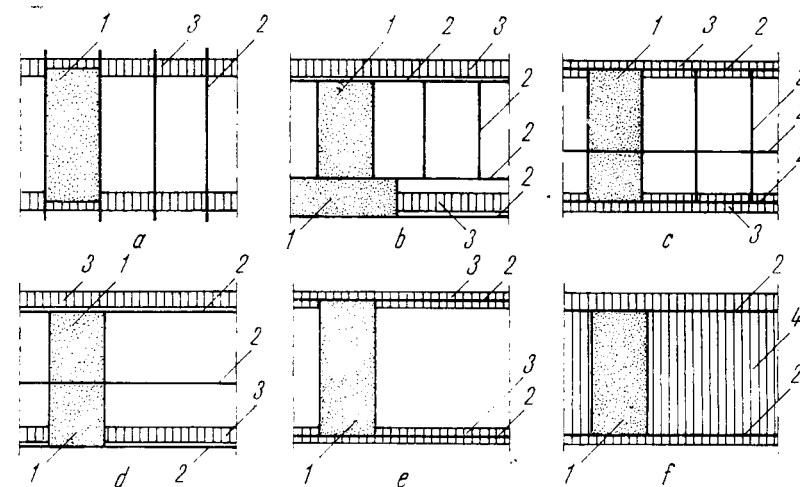


Fig. 11.27. Montarea panourilor cortină:

a - pe rigle verticale; b - pe rigle verticale și orizontale cu evidențierea elementelor orizontale de rezistență; c - pe rigle așezate pe două direcții; d, e - pe rigle orizontale; f - pe un perete din zidărie; 1 - panou-cortină; 2 - riglă; 3 - planșeu; 4 - perete din zidărie.

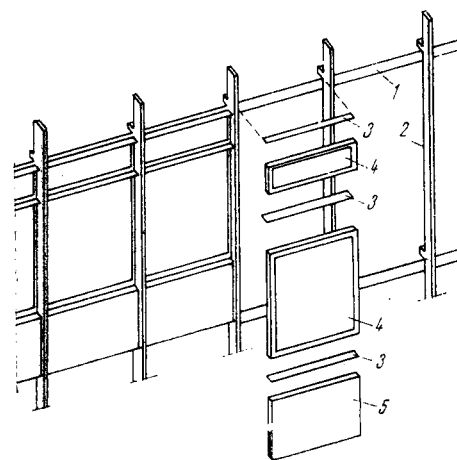


Fig. 11.28. Panou pentru fațadă-cortină realizat din elemente separate, montate pe rigle verticale:

1 - planșeu; 2 - riglă verticală; 3 - traversele panoului; 4 - timplăria panoului; 5 - parapetul panoului.

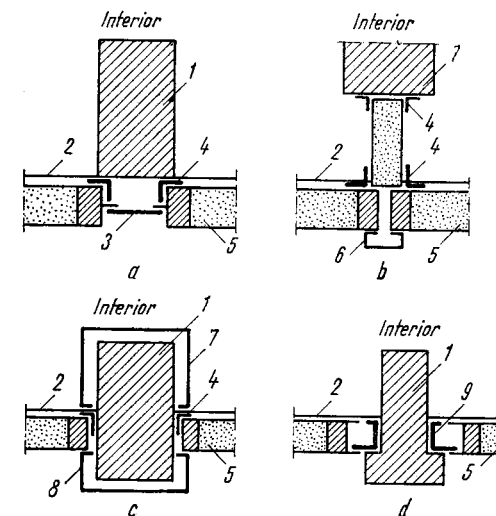


Fig. 11.29. Schema de îmbinare între panourile-cortină și stîlpi:

a - cu panouri montate la limita exterioră a stîlpului; b - cu stîlpi retrași de la fațadă; c - cu stîlp proeminent în fațadă; d - cu stîlp proeminent în fațadă; 1 - stîlp; 2 - limită exterioră a planșeului; 3 - platbandă verticală de îmbinare între panouri; 4 - cornier vertical continuu; 5 - panou-cortină; 6 - profil pentru acoperirea rostului; 7 - profil metalic pentru mascarea interioară a stîlpului (eventual); 8 - profil metalic pentru mascarea exterioră a stîlpului; 9 - profil metalic continuu pentru fixarea panoului-cortină.

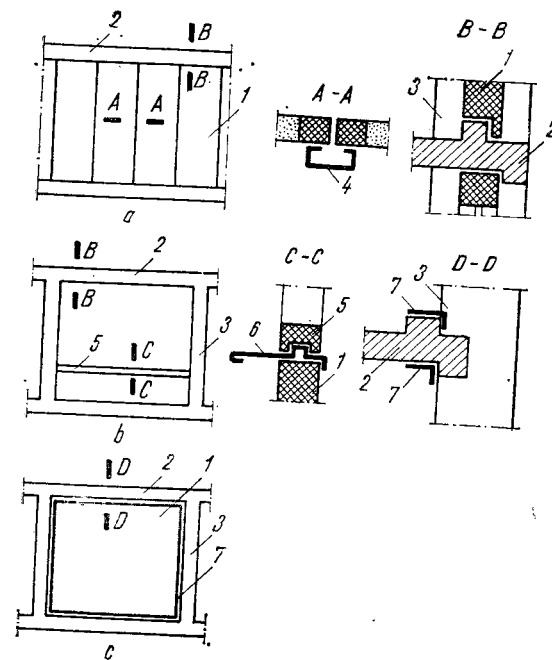


Fig. 11.30. Scheme de montaj pentru fațade din panouri de umplutură:

a — cu rigle verticale; b — cu traversă orizontală; c — cu cadru din profil cornier; 1 — panou ușor; 2 — grinda cadrului sau planșeului; 3 — stîlpul de rezistență al cadrului; 4 — riglă verticală pentru fixarea panourilor de umplutură; 5 — traversă; 6 — solbanc din tablă; 7 — cadru din profil cornier.

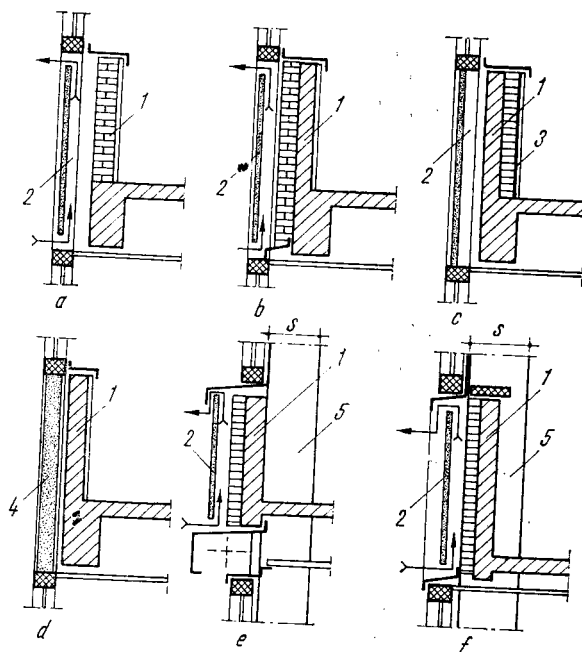


Fig. 11.32. Tipuri de fațade cortină:

a — cu parapet din zidărie de cărămidă cu strat de aer ventilat prin panourile de fațadă; b — cu parapet din beton și zidărie de cărămidă cu strat de aer ventilat prin panourile de fațadă; c — cu parapet din beton și zidărie de cărămidă etansat cu barieră de vapor; d — cu panou-cortină amplasat în fața parapetului de beton; e — cu parapet din beton și zidărie, ventilat prin panourile de fațadă amplasat în fața stîlpului; f — cu parapet din beton și zidărie, ventilat prin panourile de fațadă, amplasat între stîlpi; s — lățimea stîlpului; 1 — parapet; 2 — panou de fațadă; 3 — barieră de vapor; 4 — panou cortină; 5 — stîlp.

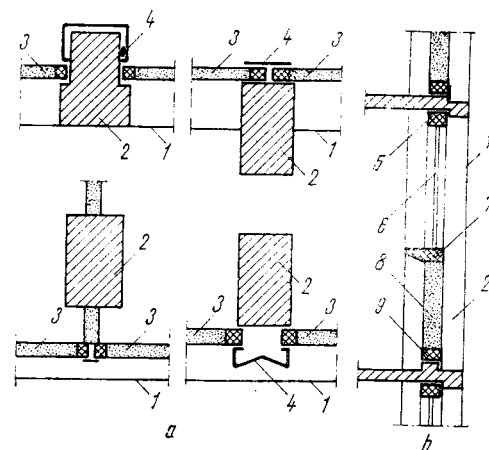


Fig. 11.31. Îmbinări între panourile de umplutură și stîlpi:

a — secțiuni orizontale; b — secțiune verticală; 1 — limita exterioară a planșeului; 2 — stîlp din beton armat; 3 — panou ușor de umplutură; 4 — profiluri metalice sau din materiale plastice pentru mascarea stîlpilor sau a rosturilor; 5 — traversa superioară a panoului; 6 — timplărie; 7 — traversa mediană; 8 — parapetul panoului; 9 — traversa inferioară a panoului.

- parapetele grele izolează acustic mai bine decît cele ușoare;
- parapetele din beton armat pot contribui la rigiditatea de ansamblu a clădirii;

— fereastra se montează mai ușor cînd se amplasează în dreptul parapetului.

Ca dezavantaje se pot cita:

- peretele devine mai greu și se mărește încărcarea transmisă asupra structurii de rezistență;
- se reduce suprafața utilă;
- manipularea elementelor de parapet cînd sînt prefabricate este mai dificilă decît a panourilor ușoare;
- dacă parapetele se execută pe loc din zidărie sau beton monolit, se lungeste durata de execuție a clădirii.

11.4.2.4. Pereți din sticlă. Peretele din sticlă este un element arhitectural caracterizat prin utilizarea pe o suprafață mare a produselor din sticlă transparentă sau translucidă, ale cărei părți opace (de regulă osatură) se reduc la minimum pentru a asigura o iluminare uniformă, a permite o vedere fără obstacole de la interior spre exterior sau invers și pentru a conserva în fațadă partiul de arhitectură adoptat.

Ca și fațadele ușoare, pereții din sticlă trebuie să protejeze împotriva agenților atmosferici: ploaie, vînt, însoare, temperatură scăzută, zgomote etc. De regulă nu se poate realiza o izolare termică ridicată, ceea ce le predestinează unor locuri de trecere: holuri, garaje, fațade ale sălilor de expoziții, muzee, săli de sport, casa scării etc., pentru care cerințele de confort sînt mai puțin severe decît la clădirile de locuit.

După osatura (scheletul) utilizată, pereții din sticlă se clasifică în patru categorii:

- *panouri cu osatură aparentă* din grile metalice, de lemn sau beton armat care suportă peretele de sticlă;
- *pereți din sticlă pe elemente de susținere* din lemn, metal sau beton armat care nu apar în fațadă. Legătura panourilor din sticlă pe structura de rezistență se face, de regulă, la colțuri prin intermediul unor piese metalice ce se prind din interior;
- *pereți din sticlă cu elemente de susținere și de contravîntuire din sticlă*, utilizați pentru dimensiuni relativ reduse ale panourilor, 5...6 m². Eforturile sînt transmise de la un element la altul prin intermediul unor piese metalice de dimensiuni reduse. Etanșeitatea se realizează prin încliere sau prin îmbinări plastice;

— *pereți autorezistenți din sticlă* care în secțiune orizontală prezintă o formă ondulată, de exemplu, profilat. Ansamblul este prins elastic pentru a se putea adapta la mișcările structurii de rezistență.

11.4.2.5. Alcătuirea panourilor pentru pereții exteriori purtați. Ca soluții de principiu se pot distinge trei tipuri de panouri:

- *panouri ventilate*, prevăzute cu strat de aer care comunică cu atmosfera în partea de jos și de sus și care separă paramentul exterior de panou (fig. 11.33, a). Stratul de aer ventilat are rolul ca pe timp de vară să evacueze căldura rezultată în paramentul exterior de iradierea solară, iar pe timp de iarnă să elimine vaporii de apă, care migrează spre exterior. Concepția unui panou ventilat trebuie să fie determinată, în principal, de permeabilitatea P_i a stratului interior al panoului. Conform normelor franceze, dacă P_i este mai mare de 60 g/m²/24 ore, pentru o diferență de presiune de 45 mm Hg, este necesară și barieră de vapor; dacă P_i este de 15...60 g/m²/24 ore, secțiunea utilă a

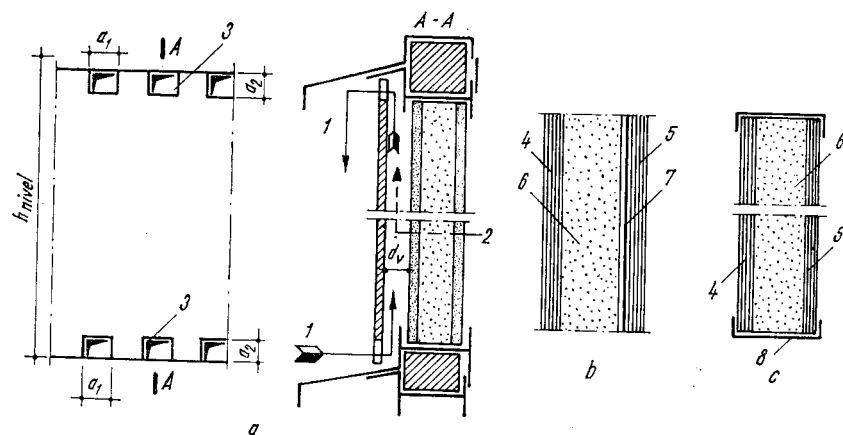


Fig. 11.33. Tipuri de panouri pentru pereții purtați, exteriori:
a - panou ventilat; b - panou respirant; c - panou etans; 1 - circulația aerului exterior; 2 - circulația vaporilor de apă din interior; 3 - orificii de ventilație cu dimensiunile $a_1 \times a_2$; 4 - strat exterior; 5 - strat interior; 6 - strat termoizolant; 7 - barieră de vapor; 8 - profil pentru etanșarea cantului; d_0 - grosimea stratului ventilat.

orificiilor de ventilație trebuie să fie mai mare de $50 \text{ cm}^2/\text{m}$ de fațadă, având dimensiunea minimă de 1 cm și dacă P_i este sub $15 \text{ g/m}^2/24 \text{ ore}$, suprafața orificiilor trebuie să fie mai mare de $10 \text{ cm}^2/\text{m}$;

— *panouri respirante* (fig. 11.33, b), cu permeabilitatea la vaporii de apă mai mică de $5 \text{ g/m}^2/24 \text{ ore}$. Pentru evitarea condensului pe fața interioară a stratului exterior, dacă P_i este mai mare de $15 \text{ g/m}^2/24 \text{ ore}$, stratul exterior poate să aibă o permeabilitate P_e mai mică decât $3 P_i$. Dacă miezul este higroscopic, atunci P_e trebuie să fie mai mare decât $3 P_i$ și decât $50 \text{ g/m}^2/24 \text{ ore}$;

— *panouri etanșe* (fig. 11.33, c), la care straturile, interior și exterior, au o permeabilitate neglijabilă (mai mică de $1 \text{ g/m}^2/24 \text{ ore}$), astfel că vaporii de apă nu intră în interiorul panoului.

Panourile respirante, ca și cele etanșe, pot avea un strat de aer neventilat (staționar) cu rol de izolare termică.

În ceea ce privește structura panoului de perete, fiecare strat component are o funcție bine precizată, participând la realizarea funcției complexe a peretelui.

În principiu, structura panoului se poate diviza în trei zone principale (fig. 11.34): zona exterioară, miezul și zona interioară.

Zona exterioară cuprinde următoarele straturi:

— *paramentul exterior* (acoperirea) din film sau vopsea, cu rol de etanșare, de protecție contra coroziunii și estetic;

— *stratul exterior*, care poate fi separat sau nu de celelalte straturi (panou cu sau fără strat de aer izolat) și care are rol de protecție (scut) împotriva agenților naturali (ploaie, vânt, însoare) și a acțiunilor accidentale (șocuri);

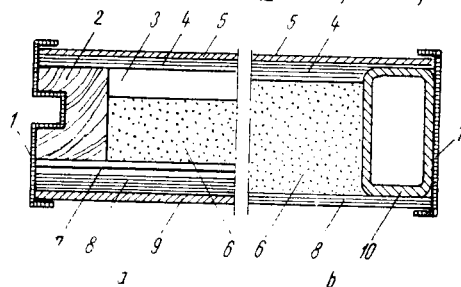


Fig. 11.34. Secțiune orizontală printr-un panou purtat, exterior:

a - cu strat de aer ventilat și cadru din lemn; b - cu cadru de rigidizare din tablă ambușată și panoul realizat fără strat de aer ventilat; 1 - profil de etanșare pentru cant; 2 - cadru din lemn; 3 - strat de aer ventilat; 4 - strat exterior; 5 - acoperirea sau paramentul exterior; 6 - miez izolat; 7 - barieră de vapor; 8 - strat interior; 9 - parament interior; 10 - cadru de rigidizare din tablă ambușată.

— *contraparamentul exterior*, care completează, dacă este necesar, calitățile mecanice și realizează planeitatea și rigiditatea zonei exterioare.

Acoperirea și stratul exterior pot fi un singur material cu rol dublu (sticlă emailată sau nu, plăci din azbociment, tole din aluminiu, din oțel emailat sau din oțel inoxidabil etc.).

Miezul este format din următoarele elemente:

— *cadrul*, care constituie osatura și permite prinderea panoului; dacă stratul izolat este rigid și solidarizat de stratul interior prin lipire, cadrul poate să lipsească;

— *stratul de aer ventilat*, care la panourile etanșe și respirante poate să lipsească;

— *stratul izolat*, care trebuie să se realizeze astfel încît să se evite tasarea lui; dacă panoul este prevăzut cu strat de aer ventilat, trebuie luate măsuri pentru evitarea strânguturii acestuia în urma tasării stratului izolat, realizat necorespunzător.

Zona interioară cuprinde:

— *bariera de vapor*;

— *contraparamentul interior*, avînd același rol ca și cel exterior;

— *stratul interior*, care se opune trecerii vaporilor de apă, are rezistență la șocuri și constituie elementul de acoperire, protector și decorativ.

11.4.2.6. *Îmbinarea panourilor la pereți exteriori, purtați*. La pereții exteriori, purtați, îmbinările se realizează între panouri și structura de rezistență, între diversele panouri, iar în cadrul unui panou, între elementele sale componente.

Aceste îmbinări trebuie să îndeplinească următoarele condiții:

— să fie practice;

— să permită variațiile dimensionale ale elementelor (dilatări, scurtări), deformațiile de tasare ale structurii, deformațiile grinzilor, buiandrugilor sau ale plăcilor sub încărcări;

— să ofere rezistență mecanică necesară;

— să fie etanșe, în care scop se prevede un material plastic sau elastic care să permită dilatarea și contragerea, asigurînd etanșeitatea la aer și apă.

Pentru a-și îndeplini rolul, materialele elastice trebuie strînse pe elementele de îmbinare cu diverse mijloace (buloane, șuruburi, baghete). În cazul îmbinărilor preformate, contactul și strîngerea se realizează prin elasticitatea profilurilor de îmbinare (fig. 11.35). Cordoanele elastice sînt profiluri prefabricate;

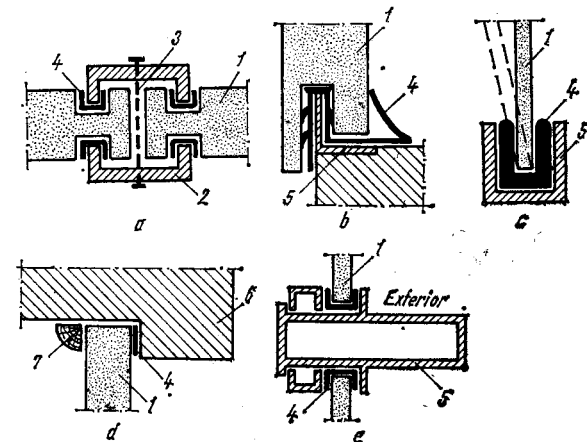


Fig. 11.35. Principii de îmbinare:

a - îmbinare cu eclisă; b - îmbinare preformată; c - deformarea unei îmbinări sub efectul vîntului; d - îmbinare la planșeul superior; e - îmbinare verticală între două panouri; 1 - panou de fațadă; 2 - eclisă metalică; 3 - bulon de strîngere; 4 - cordon elastic; 5 - profil metalic pentru fixarea panoului; 6 - grîndă structurii de rezistență; 7 - baghetă pentru acoperirea rostului.

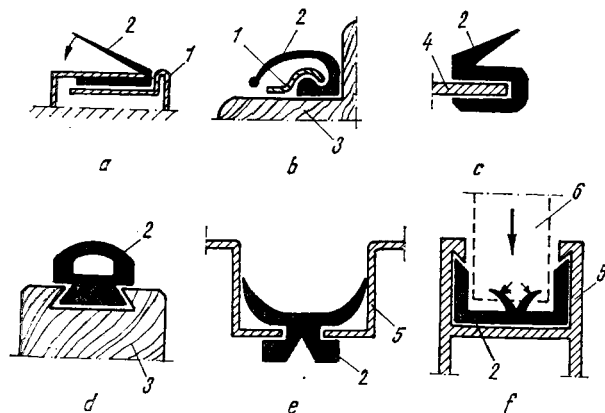


Fig. 11.36. Procedee de fixare a îmbinărilor :

a - cu două bride metalice; b - pe timplărie din lemn cu bridă metalică; c - cu baghetă metalică introdusă în lamba cordonului elastic; d - cu profil elastic în formă de coadă de rândunică; e - prin îmbucarea profilului elastic în profiluri de metal sau lemn; f - prin inserția panoului într-un profil; 1 - bridă metalică; 2 - cordon elastic; 3 - timplărie de lemn; 4 - baghetă metalică; 5 - profil metalic; 6 - panou de față.

Fig. 11.37. Realizarea etanșeității și posibilităților de dilatare :

a - prin striuri; b - prin buze de etanșare; c - cu profil elastic sub formă de lambă; d - prin nervurile profilului elastic; e - prin înglobarea a două profiluri metalice; f - la îmbinarea plintei cu panoul; 1 - panou de față; 2 - profil de etanșare; 3 - profil metalic; 4 - buză de etanșare; 5 - nervură de etanșare; 6 - pardoseală.

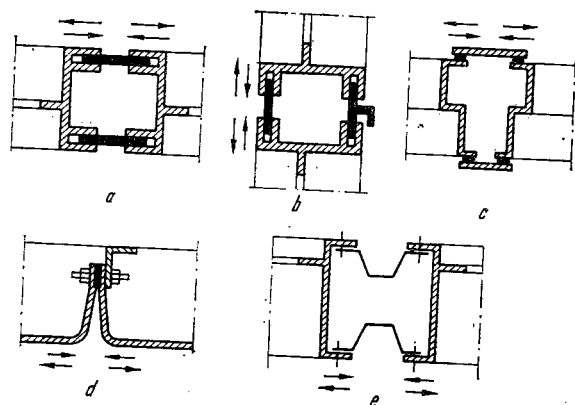
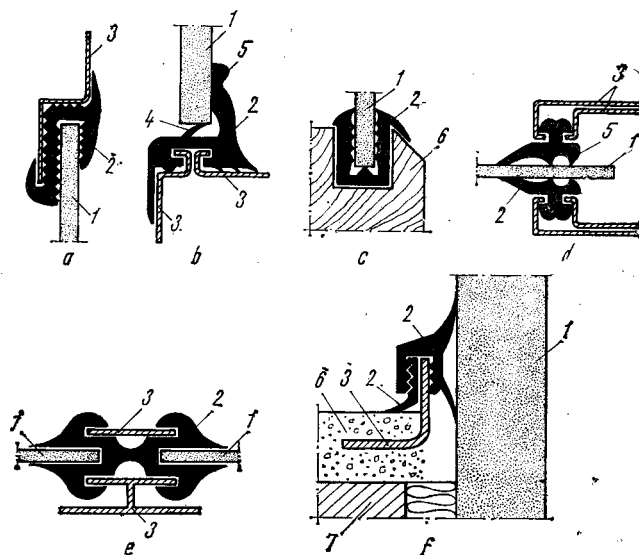
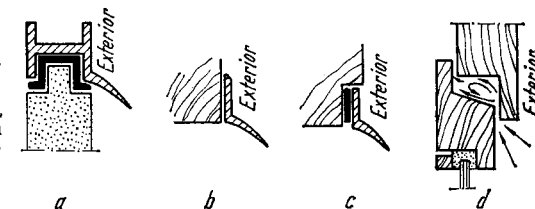


Fig. 11.38. Îmbinări elastice între panourile de față :

a - cu lambă și uluc, în secțiune orizontală; b - cu lambă și uluc, în secțiune verticală; c - cu eclise de îmbinare, în secțiune orizontală; d - prin asamblarea margine la margine, forma panourilor asigurând deformarea în îmbinare; e - cu profiluri de forme speciale care permit dilatarea rostului.

Fig. 11.39. Protejarea îmbinărilor orizontale :

a; b; c - cu lăcrimar care asigură scurgerea apelor meteorice; d - cu falț și rost de decomprimare (laminare) a aerului.



uneori, ele se pot alcătui la fața locului prin pomparea unei soluții care ulterior se solidifică. Forma profilului se alege astfel încât să asigure condițiile unei îmbinări.

Fixarea profilurilor se poate face în diferite moduri : cu baghete metalice, cu profiluri în formă de coadă de rândunică etc. (fig. 11.36).

Etanșarea și dilatarea, condiții care trebuie îndeplinite simultan la îmbinările panourilor, se pot realiza pe baza elasticității profilurilor de etanșare (fig. 11.37) sau pe baza unor îmbinări elastice (fig. 11.38).

Îmbinările, în special cele orizontale, trebuie protejate împotriva intemperiilor, radiației solare etc. (fig. 11.39).

În figurile 11.40; 11.41 și 11.42 se prezintă diverse detalii de îmbinare și fixare a panourilor-cortină.

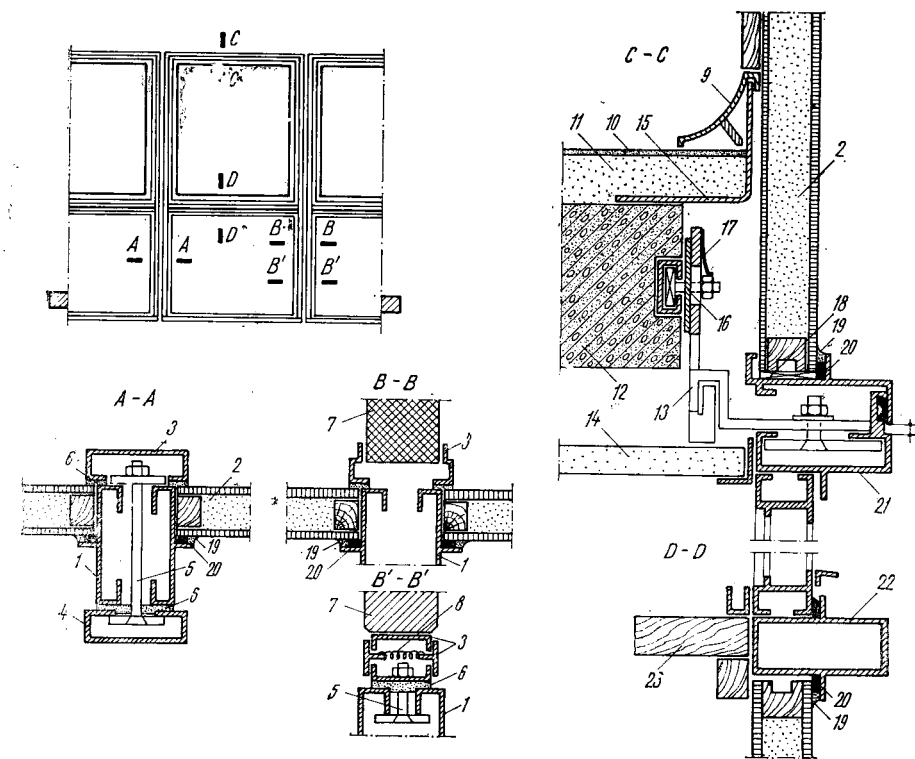


Fig. 11.40. Detalii de îmbinare la o față-cortină realizată din panouri triplustrat :

1 - montant pentru îmbinarea a două panouri; 2 - panou triplustrat; 3 - profil vertical interior; 4 - profil vertical exterior; 5 - surub de strângere; 6 - îmbinare elastică; 7 - perete despărțitor; 8 - resort elastic; 9 - plintă; 10 - stratul de uzură al pardoseli; 11 - sapă; 12 - placa de rezistență a planșeului; 13 - cirlig; 14 - tavan fals; 15 - bandă de oțel; 16 - eclisă de reglare; 17 - plăcuțe de blocare a piulței bulonului de susținere a panoului; 18 - furură; 19 - mastic elasto-plastic; 20 - neopren; 21 - traversa superioară; 22 - traversa mediană; 23 - gîrlă din lemn; Δ - spațiu pentru asigurarea jocului pe verticală.

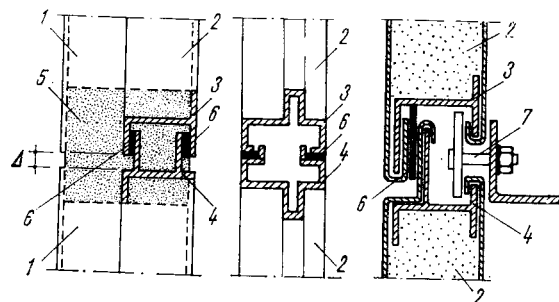


Fig. 11.41. Variante de îmbinări horizontale între panourile-cortină :

1 — montant vertical; 2 — panou; 3 — traversa inferioară a panoului superior; 4 — traversa superioară a panoului inferior; 5 — furură pentru îmbinarea montanților; 6 — cordon elastic; 7 — surub de fixare; Δ — spațiu pentru asigurarea jocului pe verticală.

11.4.2.7. Materiale utilizate la fațadele ușoare. Printre cele mai folosite materiale la realizarea fațadelor ușoare se pot menționa: oțelul, aluminiul, azbocimentul, lemnul, materialele plastice, sticla, materialele de izolare termică și de etanșare.

Oțelul se poate folosi sub formă de produse laminate, tablă, piese turnate. Protecția se realizează prin galvanizare, vopsire sau emailare. La contactul cu alte metale, pentru evitarea formării pilelor electrice, se vor folosi materiale izolatoare (vopsea, rășini sintetice etc.). Din oțel se pot realiza cadre pentru panouri, grile de montaj, profiluri pentru acoperirea rosturilor, timplărie, stratul exterior al panoului (tablă de 0,4...1 mm netedă, nervurată sau ambutisată), profiluri pentru acoperirea elementelor structurale (de exemplu, a stilpilor), eclise de îmbinare, dispozitive de etanșare, elemente decorative sau de protecție (para-solare, copertine, jaluzele). În figura 11.43 se prezintă câteva exemple de folosire a oțelului la panourile ușoare de fațadă.

Aluminiul se folosește sub formă de produse laminate (table lise, profilate sau ondulate), trefilate (bare, tuburi, profiluri) sau turnate (piese de acoperire, de fixare, de asamblare etc.). Produsele din aluminiu se pot asambla cu sudură

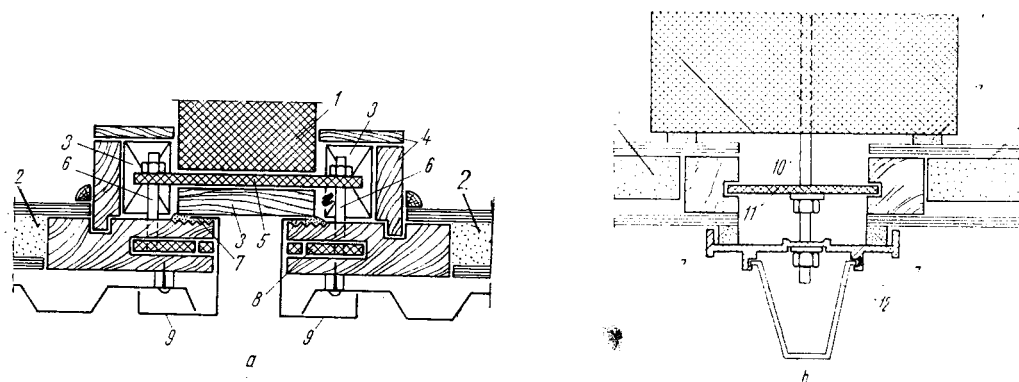


Fig. 11.42. Detalii de fixare pe stilpi a panourilor-cortină cu osatură din lemn :

a — cu rostul aparent; b — cu rostul mascat; 1 — stilp prefabricat din beton armat; 2 — panou-cortină cu strat de aer ventilat; 3 — furură din lemn; 4 — dulapi din lemn pentru acoperirea îmbinării la interior; 5 — piesă metalică pentru fixarea panourilor-cortină; 6 — tijă filetată cu piuliță pentru strângerea îmbinării; 7 — cordon elasto-plastic; 8 — piesă din oțel înglobată în osatura panoului; 9 — profil metalic pentru acoperirea colțului la exterior; 10 — tijă filetată înglobată în stilpului prefabricat; 11 — platbandă pentru fixarea panourilor; 12 — profiluri de închidere a rostului exterior.

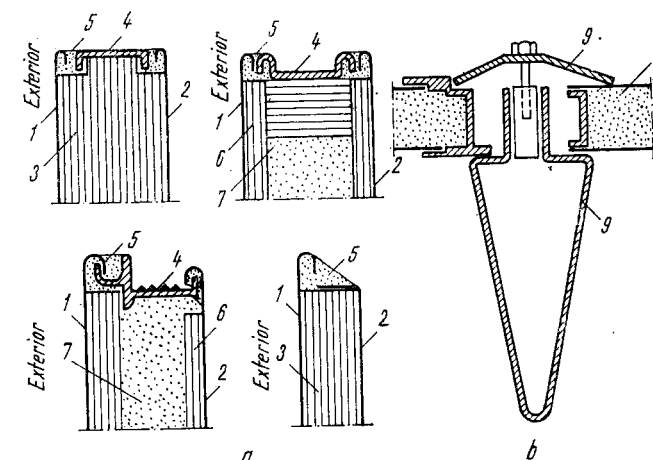


Fig. 11.43. Exemple de utilizare a oțelului la fațadele ușoare :

a — la realizarea paramentelor exterioare și interioare a panourilor cortină; b — la piese de îmbinare și acoperire; 1 — parament exterior din tablă emailată; 2 — parament interior din oțel galvanizat; 3 — material izolant rigid; 4 — profil din materiale plastice; 5 — rost acoperit cu rășini sintetice; 6 — contraparament; 7 — miez izolant; 8 — panou izolant; 9 — profiluri de îmbinare, mascare și etanșare a rosturilor.

prin puncte (fig. 11.44) sau prin lipire. Protecția aluminiului se realizează prin galvanizare, conversiune chimică, vopsire sau emailare. În general, aluminiul are aceleași aplicații ca și oțelul.

Azbocimentul se folosește sub formă de plăci plane, striate, cu caneluri sau ondulate. Pentru a se realiza durabilitatea și aspectul estetic, plăcile se acoperă cu un strat pe bază de cauciuc clorat, cu rășini sintetice (epoxidice, poliuretane sau acrilice), cu produse minerale (glasal) sau metalice (foi plane sau nervurate cu grosimea de câteva zecimi de mm) sau prin vopsire. Azbocimentul se folosește pentru paramentul exterior și interior.

Lemnul de rășinoase sau foioase se folosește ignifugat și protejat contra agenților biologici sub formă de produse din lemn; placaj (folosit la paramente exterioare și interioare), panouri din PFL sau din PAL.

Materialele plastice se folosesc sub formă de plăci plane sau ondulate, panouri de umplutură etc. Ele sînt durabile, au greutate mică și prezintă ușurință la montaj. Produsele termoplastice se folosesc pentru osatură (cadre de panou, eclise de îmbinare), straturi de acoperire a panourilor, straturi izolante termic, pentru etanșare, pentru acoperirea altor materiale (rol de protecție), ca material adeziv. Produsele termorigide se folosesc în panou (parament sau strat izolant termic), pentru protecție, ca material adeziv. Elastomerii se utilizează sub formă de spumă de izolare, ca strat de protecție, ca material adeziv.

Sticla se folosește la panouri ventilate ca parament exterior, pentru parapete transparente sau translucide, pentru pereți din sticlă.

Izolarea termică a panourilor se poate face cu materiale organice (paie, puzderii, plută, PFL poros), cu materiale minerale fibroase (vată minerală, vată de sticlă), cu spume de sticlă sau de mase plastice (polistiren expandat, clorură de polivinil expandată și întărită, poliuretan rigid, spume fenolice etc.).

Materialele pentru îmbinare folosite în mod curent sînt : — masticuri de etanșare;

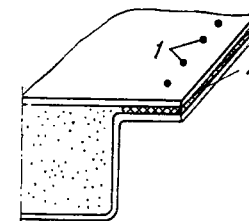


Fig. 11.44. Asamblarea cu sudură prin puncte a tablelor de aluminiu pentru realizarea unui panou etanș;

1 — puncte de sudură; 2 — cordon plastic etanș.

- produse celulare care se comprimă;
- profiluri extrudate.

Dintre masticurile de etanșare se folosesc:

- masticuri vâscoase (liant și filer) care se aplică mecanic (cu spatula sau pompa);

— masticuri preformate, cu consistență mai mare, utilizate sub formă de cordoane (cilindrice, dreptunghiulare sau trapezoidale), care de regulă sînt cauciucuri naturale sau sintetice nevulcanizate; se pot utiliza și materiale în vrac, extrudarea făcîndu-se pe șantier.

Produsele celulare care se comprimă sînt realizate din cauciuc alveolar sau poliuretan impregnat; au densitate mică, izolare termică și fonică foarte bună.

Profilurile extrudate sînt formate prin tăiere cu ajutorul unor filiere de forme speciale. Se folosește clorura de polivinil, cauciucul natural sau sintetic (butadien-styren, neopren, butil). Forma profilurilor se alege astfel încît să se asigure funcțiunile unei îmbinări.

11.5. PEREȚI DE SUBSOL ȘI DEMISOL

Pereții de subsol și demisol reprezintă elemente ale infrastructurii clădirilor. În raport cu rolul în structură, ei pot fi portanți sau de compartimentare. Pereții de compartimentare pot fi exteriori, care delimitează spațiul subsolului de pămîntul înconjurător, sau interiori, care compartimentează spațiul subsolului.

Funcțiunile pereților de subsol și demisol rezultă din poziția pe care o au în structură, astfel:

— pereții portanți interiori și exteriori preiau încărcările suprastructurii și prin intermediul fundației, le transmit terenului;

— pereții exteriori au rolul de a prelua împingerea activă a pămîntului și de a proteja subsolul împotriva apelor subterane și a umidității pămîntului. De cele mai multe ori, ei trebuie să permită pătrunderea luminii naturale și realizarea ventilației, iar uneori trebuie să asigure o anumită izolare termică. Împiedicarea pătrunderii apei și umidității din teren se realizează cu ajutorul hidroizolațiilor;

— pereții interiori au funcțiunea de compartimentare a spațiului de la subsol sau demisol; uneori ei trebuie să îndeplinească anumite condiții de izolare termică sau fonică;

— împreună cu fundațiile și cu planșeul peste subsol (și a planșeelor inferioare, în cazul existenței a mai multor niveluri de subsol), pereții de subsol formează infrastructura clădirii, care asigură încastrarea și stabilitatea construcției în teren. Infrastructura trebuie să fie un element spațial a cărei rigiditate se asigură prin rigiditatea elementelor sale componente și prin legăturile dintre acestea. De aceea, se recomandă realizarea infrastructurii din beton monolit și chiar îngroșarea pereților de subsol portanți și autoportanți, în raport cu pereții suprastructurii.

Materialele folosite la pereții de subsol și demisol trebuie să aibă o durabilitate mare în timp, avînd în vedere solicitările relativ mari la care sînt supuși, acțiunea umidității, uneori chiar a înghețului.

Pereții de subsol, atît cei interiori cît și cei exteriori, se pot realiza în diverse soluții (fig. 11.45):

- din zidărie de piatră naturală, cu sau fără mortar de legătură;
- din zidărie de cărămidă sau blocuri din beton;

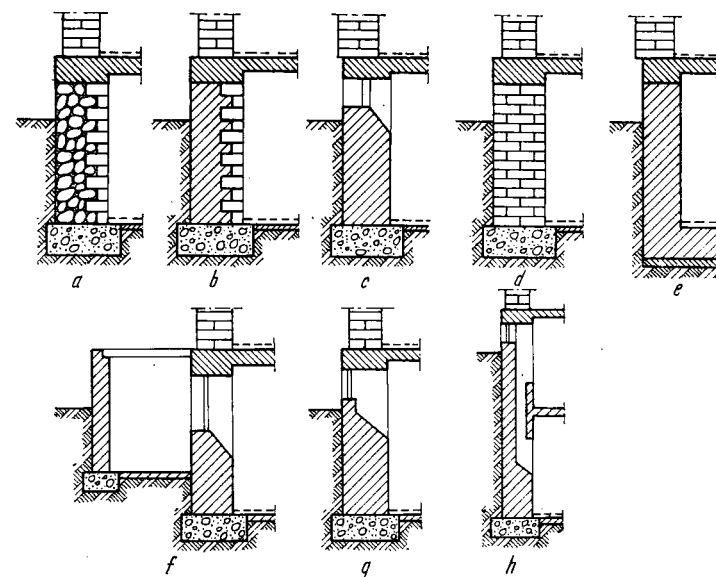


Fig. 11.45. Pereți de subsol și demisol:

a — din piatră naturală și zidărie de cărămidă; b — din beton armat și zidărie de cărămidă; c — din beton armat; d — din zidărie de cărămidă; e — sistem curv de beton armat; f — iluminarea subsolului prin curte de lumină; g — iluminarea directă a subsolului, golul pentru fereastră fiind realizat cu nișă pentru mărirea eficienței ferestrei; h — iluminarea naturală a două subsoluri.

- din zidărie mixtă (piatră naturală și beton, cărămidă și beton etc.);
- din beton monolit (obișnuit sau beton ciclopian);
- din panouri prefabricate de beton.

Se recomandă folosirea betonului greu, deoarece betoanele ușoare au o rezistență mai mică la acțiunea umidității.

În cazul unor clădiri cu subsolul amplasat sub nivelul pînzei de apă freatică, este necesară realizarea unei cuve (fig. 11.45, e).

Iluminarea naturală a subsolurilor și demisolurilor se face prin ferestre practicate în pereții exteriori deasupra nivelului terenului, sau prin ferestre amplasate spre curți de lumină (fig. 11.45, c, f); pentru a mări iluminarea interioară, se pot realiza nișe sub ferestre (fig. 11.45, g). În cazul existenței a două subsoluri, se poate realiza o iluminare naturală a ambelor subsoluri, prin ferestre amplasate deasupra terenului și prin goluri verticale în peretele exterior de subsol (fig. 11.45, h).

Pereții de compartimentare se pot realiza din:

- zidărie de cărămidă sau blocuri mici;
- fișii din beton;
- panouri din beton.

Modul de rezemare al pereților de compartimentare este în funcție de greutatea lor proprie și de soluționarea dată suportului pardoselii, astfel:

— pentru pereții de compartimentare cu grosimea de 7,5...15 cm, rezemarea se face direct pe stratul suport al pardoselii executat din beton simplu (gros de cel puțin 8 cm), turnat peste stratul de rupere a capilarității, dacă acesta este așezat direct pe terenul de fundare (fig. 11.46, a);

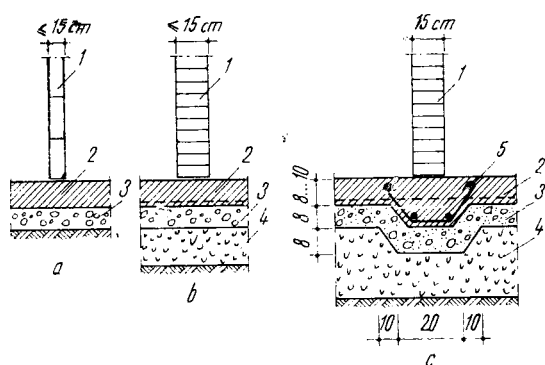


Fig. 11.46. Fundații sub pereți de compartimentare :

a — direct pe placa suport a pardoselii realizată din beton simplu; b — pe placa suport a pardoselii armată cu rețea $\varnothing 6/20$; c — prin îngroșarea și armarea suplimentară a stratului suport; 1 — perete de compartimentare; 2 — placa suport a pardoselii; 3 — strat de rupere a capilarității din pietriș; 4 — umplutură; 5 — armătură suplimentară.

— dacă peste terenul rezistent există un strat de umplutură (fig. 11.46, b), stratul suport al pardoselii se armează cu o rețea $\varnothing 6$ la 20 cm. În acest caz, pereții de compartimentare pot rezema direct dacă au grosimea sub 7,5 cm, dacă au grosimea de 7,5...15 cm, însă grosimea stratului de umplutură nu depășește 40 cm sau dacă grosimea lor este de 7,5...15 cm și lungimea lor nu depășește 3 m, indiferent de grosimea stratului de umplutură;

— când grosimea peretelui de compartimentare este de 7,5...15 cm și lungimea mai mare de 3 m, iar grosimea stratului de umplutură mai mare de 40 cm, este necesară o armare suplimentară a stratului de beton;

— în situațiile extreme (grosimi ale peretilor de 15 cm, lungimi mai mari de 3 m, strat gros de pământ de umplutură, înălțimi mari de perete), este necesară îngroșarea stratului suport al pardoselii, realizat din beton și prevederea unei armări suplimentare (fig. 11.46, c).

11.6. ELEMENTE DE CALCULUL PEREȚILOR LA ACȚIUNI MECANICE [23]

11.6.1. CONSIDERAȚII GENERALE

Pereții suportă forțe gravitaționale, verticale (greutate proprie, încărcări transmise de planșee) și orizontale, laterale (vânt, seism). Acțiunea directă a vântului, cu presiune sau suucțiune, se manifestă asupra pereților expuși și considerați amplasați perpendicular pe direcția vântului.

Acțiunea indirectă a vântului se manifestă asupra pereților de contravîntuire, dispuși paralel cu direcția vântului, inclusiv asupra pereților de pe cealaltă direcție, pe porțiunea de conlucrare cu pereții de contravîntuire; în acest caz, vîntul acționînd direct asupra pereților exteriori, cu orientare perpendiculară pe direcția sa, solicită prin intermediul lor și al planșeei, pereții de contravîntuire sau de rezistență și contravîntuire, la eforturi dispuse în plan median (sau într-un plan paralel), astfel că aceștia lucrează ca diafragme. Pereții autoportanți exteriori sînt supuși la acțiunea directă a vîntului, ca orice perete exterior; în funcție de rigiditatea lor, ei pot avea și rolul de diafragme în cazul acțiunii indirecte a vîntului. Pereții purtați nu pot avea rol de diafragme.

Pereții portanți situați sub nivelul terenului trebuie să aibă rezistență și grosime suficiente pentru a suporta împingerea laterală a pămîntului adiacent și eventuale supraîncărcări care acționează asupra terenului. Realizarea umpluturii se va face după ce peretele este capabil de a rezista acțiunilor transmise de aceasta.

11.6.2. CALCULUL PEREȚILOR PORTANȚI

Efectul global al tuturor acțiunilor mecanice asupra pereților se stabilește pentru structuri cu comportare elastică pe baza principiului suprapunerii efectelor fiecărei acțiuni mecanice separate, în cadrul grupărilor de încărcări. Acestea recomandate pentru diverse tipuri de pereți (portanți și de contravîntuire; portanți; de contravîntuire; de subsol; purtați sau suspendați etc.).

Ultimele progrese obținute în concepția și execuția structurilor cu pereți portanți de zidărie evidențiază o utilizare sporită a pereților subțiri, de grosime redusă, asemănătoare cu a pereților—diafragme din beton armat (monolit sau panouri mari), ceea ce apropie comportarea lor mecanică, concepția și calculul pereților portanți și de contravîntuire din diferite materiale și execuții cu diverse tehnologii. Acestea sînt criterii secundare, determinînd însă o serie importantă de particularități de concepție, calcul și alcătuire constructivă pentru fiecare tip de perete. Aceasta permite o schematizare aproape unitară a comportării mecanice a pereților, indiferent de materialul din care sînt executați.

11.6.2.1. Scheme statice. Ipoteze de calcul. Se consideră că se pot realiza aceleași scheme statice pentru pereții portanți din zidărie cît și pentru cei din diafragme de beton armat. Dacă se ține seama că structurile cu pereți portanți sînt, în mod obișnuit, structuri spațiale (tridimensionale) se poate schematiza sistemul structural din pereți portanți și planșee ca un cadru, avînd nodurile cu deformabilitate diferită, în funcție de materialele utilizate și de detaliile de execuție realizate (fig. 11.47). Schema din figura 11.47, a este o schemă mai mult teoretică, deoarece în realitate, chiar dacă încărcarea acționează centric, apar excentricități accidentale (din neomogenitatea materialelor, din diferența între axa geometrică și cea mecanică, datorită defectelor sau impreciziilor de punere în operă etc.); este folosită pentru încărcări simetrice, de exemplu, pentru pereții transversali care suportă planșee alăturate de deschideri și încărcări egale. Schema statică din figura 11.47, b se soluționează mai simplu, chiar dacă se îndepărtează de realitate considerîndu-se excentricități egale la capetele peretelui; este folosită, în general, de majoritatea autorilor și în prescripțiile tehnice, în cazul încărcărilor aplicate disimetrice. Schema statică din figura 11.47, c presupune o comportare a clădirii (pereți și planșee) ca un cadru, cu noduri incomplet rigide, stîlpii și riglele putînd căpăta rotiri elastice.

Se poate considera continuitatea elastică simplificat, pereții luîndu-se ca o grindă verticală, cu reazemele intermediare reprezentate de planșeele dintre etaje. O schemă statică corespunzătoare comportării mecanice reale a structurii ar trebui să considere legile neliniare de deformare a elementelor separate

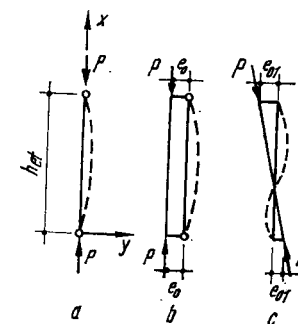


Fig. 11.47. Scheme statice de calcul pentru pereți :

a — supuși la încărcări centrice; b — supuși la încărcări excentrice; c — schemă sub formă de cadru, cu continuitate elastică la noduri.

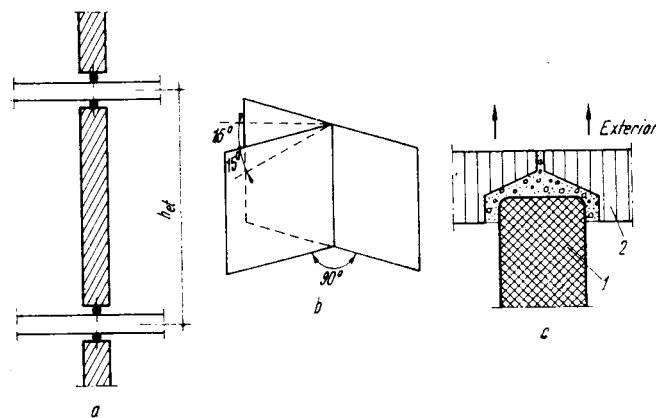


Fig. 11.48. Condiții de margine pentru pereți:

a - schema articulației; b - margine verticală împiedică; c - panou interior de perete împiedicat și panouri exterioare de perete libere pentru deplasarea spre exterior și împiedicate pentru deplasarea spre interior; 1 - perete interior; 2 - perete exterior.

(planșee, pereți, noduri, îmbinări) și deformațiile din fisurare pentru toate stările limită (a capacității portante și a exploatații normale). În prezent însă, cunoștințele teoretice și datele experimentale sînt insuficiente pentru aprecierea rotirilor neliniare în toate cazurile și pentru a fi luate în considerare într-un calcul exact, la exprimarea condițiilor de echilibru și de compatibilitate.

De aceea, în practica proiectării se folosesc următoarele două scheme statice, corespunzătoare schematizărilor extreme a comportării mecanice reale, considerînd două ipoteze de comportare a îmbinărilor marginilor orizontale:

— *schema continuității elastice*, care presupune o anumită continuitate între planșee și perete și o comportare elastică a cadrului la stările limită;

— *schema articulației* (cadrului articulată), în care se consideră că nodurile se comportă ca articulații (fig. 11.48, a).

Schema continuității elastice se poate folosi numai cînd calculul arată că perețele poate prelua momentele corespunzătoare de încovoire fără o fisurare excesivă, care poate modifica substanțial distribuția momentelor însăși; ipoteza caută să se apropie cît mai mult de comportarea reală în cazul unor legături rigide la extremitățile pereților, care se pot realiza, în mod obișnuit, la pereții din diafragme de beton monolit. Unele recomandări (de exemplu, cele belgiene) admit această schemă și pentru clădiri din panouri mari cu planșee turnate monolit sau din elemente prefabricate, cu respectarea unor măsuri constructive, care să asigure în mod efectiv continuitatea între pereți și planșee pînă în pragul stărilor limită; în general, în acest caz sînt necesare și verificări experimentale.

Pentru pereții de zidărie nearmați, această schemă se poate aplica cel mult la nivelurile inferioare ale unor clădiri înalte; dimpotrivă, la nivelurile superioare forța axială nu este, de obicei, suficientă pentru a asigura echilibru și pot să apară în pereți fisuri larg deschise. Și în cazul clădirilor din panouri mari, forțele verticale sînt mai reduse la etajele superioare, fiind necesară realizarea continuității pereților și planșeelor prin ancorare de armături.

Se poate adopta schema continuității elastice pentru o parte a clădirii și schema articulației pentru restul. De asemenea, se pot adopta scheme pentru stările limită ale exploatații normale diferite de cea a capacității portante.

Metoda continuității este din ce în ce mai mult folosită, aplicîndu-se pentru orice tip de structură, cu o considerare corespunzătoare a condițiilor de lucru ale îmbinărilor orizontale, bazată pe experimentări, interpretări statistice și asigurarea calității îmbinărilor executate pe șantier. Ultimele cercetări efectuate urmăresc influența fisurării și a deformațiilor plastice din îmbinare asupra

stării limită de cedare a peretelui, prin folosirea unor coeficienți de corecție a relațiilor liniare $\sigma - \epsilon$, în funcție de comportarea reală, neliniară.

S-a constatat importanța deosebită a condițiilor de margine (marginile orizontale pot fi articulate sau încastrate elastic; marginile verticale pot fi libere sau împiedicate ca în figura 11.48, b, c etc.) care determină în foarte mare măsură rezistența și stabilitatea formei panourilor de perete, reflectată practic în calculul excentricității și lungimii de flambaj. În alegerea schemei de calcul trebuie să se țină seama, îndeosebi, de condițiile reale de legătură (îmbinare) ale marginilor orizontale.

Schema articulației, folosită în cele mai vechi recomandări pentru toate tipurile de pereți, conduce la calcule mai simple și la o siguranță mărită prin modul de considerare a flambajului și momentelor maxime, deoarece se presupune că perețele (zidul) este legat la cele două margini extreme, superioară și inferioară, prin articulații liniare (fig. 11.48, a). În cazul pereților supuși la gradienti termici importanți, este necesară și verificarea în ipoteza continuității elastice din punctul de vedere al rezistenței de ansamblu și al stabilității formei panoului peretelui. De aceea, schema articulației este folosită pentru majoritatea tipurilor de pereți și în special, pentru pereții din zidărie sau din elemente prefabricate (plăci, fișii, panouri mari).

11.6.2.2. Determinarea eforturilor în pereți la starea limită ultimă a capacității portante. În acest scop se folosesc valorile de calcul pentru acțiuni și schemele statice alese. Pentru determinarea efortului axial se pot folosi metodele tradiționale simplificate, ținînd seama de direcția de rezemare (condițiile de lucru) a planșeelor, de unghiul corespunzător de repartizare a încărcărilor concentrate (de regulă distribuție uniformă pe suprafețele inferioare limitate de dreptele înclinate față de verticală cu $1/3$), ca și de faptul că forțele axiale se aplică întotdeauna cu o oarecare excentricitate. Cînd perețele portant face parte din contravîntuirea structurii, se include și forța verticală rezultată din acțiunea forțelor laterale (vînt, seism), efectuîndu-se un calcul de diafragmă (v. capitolul 16).

Momentele de încovoire se determină în teoria de ordinul întâi, dacă diafragmele și planșeele au rigiditate suficientă (schemă rigidă), luînd în considerație:

— excentricitatea structurală provenind din excentricitatea rezemării planșeelor și pereților (e_{sup} și e_{niv} din figura 11.49, d) și cea produsă de momentele de încovoire din eventuala continuitate dintre planșee și pereți;

— excentricitățile accidentale provenind din dispersarea (abaterea) poziției planului median al peretelui și din suprapunerea pereților pe verticală (abateri de poziționare);

— excentricități datorită altor acțiuni decît celor verticale și anume provenind din acțiuni orizontale (din vînt la pereții exteriori și din seism) precum și cele provenind din gradientul de temperatură (v. STAS 10 101/23 A-75).

Excentricitatea structurală a încărcării verticale de la etajele superioare, e_{sup} se poate calcula simplificat, considerînd că rezultanta încărcărilor N_s acționează în planul mecanic (de greutate) al peretelui (fig. 11.49, d).

Excentricitatea structurală, e_{niv} se va determina în funcție de condițiile de rezemare ale planșeului. Ea poate avea valoarea $b - a/3$ sau $b - a/2$, după cum reazemul este din mortar flexibil și nivelat sau este un reazem uscat (după recomandările C.I.B.). În cazul pereților interiori, excentricitatea e_{niv} este nulă dacă încărcarea din stînga reazemului este egală cu cea din dreapta

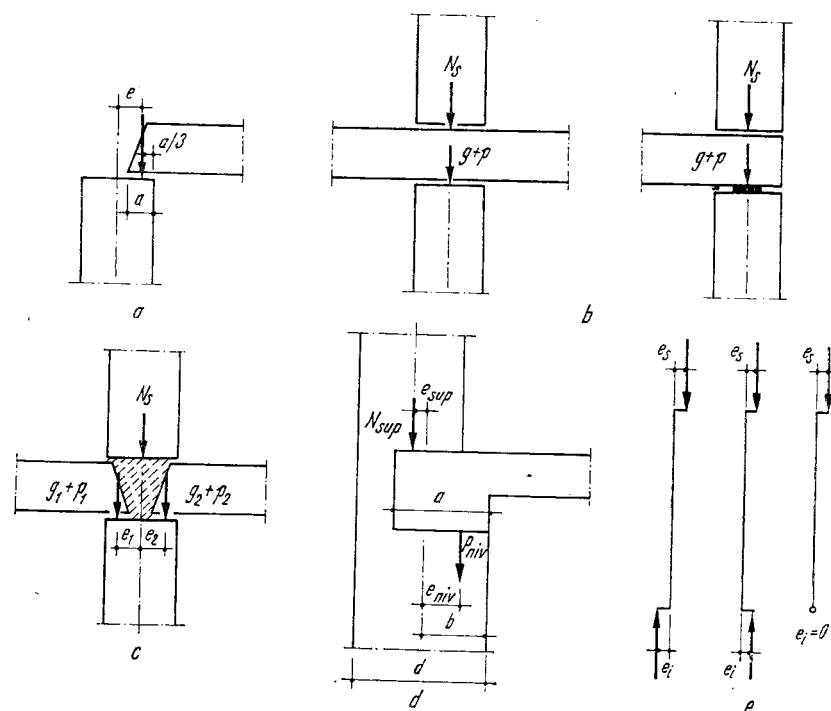


Fig. 11.49. Excentricități structurale pentru pereți (după normele C.I.B.):
a - la planșee simplu rezemate; b - la planșee continue sau rezemind pe întreaga grosime a pereților;
c - la planșee fără continuitate; d - la planșee cu încastrare pe reazeme; e - scheme posibile de excentricități la capătul superior și inferior al peretelui.

(fig. 11.49, b, c), iar în cazul pereților exteriori, excentricitatea e_{niv} se poate micșora prin prevederea unor piese de rezemare (numite și piese de centrare—fig. 11.49, b).

În final, un perete va avea excentricitățile rezultante (structurale și accidentale) e_s la partea superioară și e_i la partea inferioară, ale căror scheme posibile sînt prezentate în figura 11.49, e.

Excentricitatea de calcul e_0 , care reprezintă distanța de la centrul de greutate la o singură forță axială echivalentă, va rezulta prin suprapunerea tuturor excentricităților posibile.

Eforturile din pereți sînt influențate de modul de împiedicare a deplasărilor laturilor acestora (v. fig. 11.48). În figura 11.50 se ilustrează modul de rigidizare a unui perete longitudinal exterior prin pereții transversali așezați la distanța L , care împiedică orice deplasare transversală a laturilor verticale ale peretelui. Dimensiunile pereților și condițiile de margine influențează subțirimea (zveltețea) geometrică a peretelui: [23] $S = \rho = h_{ef}/L$, în care ρ este dat în figura 11.51. În unele prescripții se dă valoarea coeficientului de flambaj, φ , în funcție de subțirimea geometrică a peretelui și de excentricitatea relativă a încărcărilor $m = 6 e/d$ (fig. 11.52). Condițiile de rezemare de la extremitățile peretelui determină lungimea sa de flambaj, care poate fi egală, de 2 ori sau 3/4 din înălțimea liberă a etajului pentru peretele dublu articulat la cele două capete, pentru peretele cu capătul superior liber în direcție perpendiculară pe planul său și respectiv pentru peretele cu un grad suficient de încastrare la

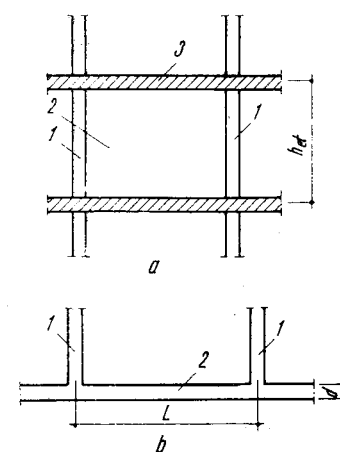


Fig. 11.50. Schema de rigidizare a unui perete longitudinal, exterior:

a - elevație; b - plan; 1 - perete transversal de rigidizare; 2 - perete longitudinal; 3 - planșeu.

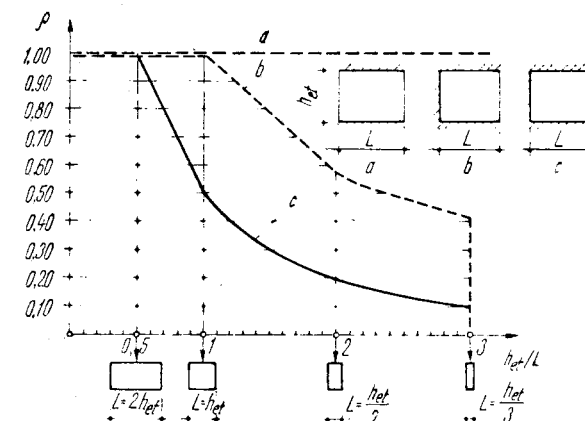


Fig. 11.51. Variația coeficientului ρ , în funcție de condițiile de rezemare ale peretelui și de raportul dintre înălțimea și lungimea peretelui:

a - perete încastrat pe latura superioară și inferioară; b - perete încastrat pe latura superioară, pe cea inferioară și pe o latură verticală; c - perete încastrat pe patru laturi.

capete. Valoarea subțiririi geometrice S , trebuie să fie mai mică decît 24, în cazul pereților portanți [23].

De asemenea, gradul de deplasare a marginii superioare a peretelui longitudinal, în funcție de distanța dintre pereții de rigidizare, precizează structura cu schemă rigidă, cînd marginea superioară reprezintă un reazem fix sau structura cu schemă flexibil-elastică, cînd marginea superioară este un reazem elastic-deplasabil.

11.6.2.3. Verificarea siguranței pereților. În principiu, siguranța unui perete portant se verifică în orice secțiune orizontală la starea limită ultimă a capacității portante, solicitată la încovoiere compusă și ținînd seama de excentricități și flambaj, determinate de condițiile de margine, mai ales de îmbinarea orizontală. Se consideră în calcul diagrama corespunzătoare de distribuție a tensiunilor pe secțiune, de obicei neliniară și se neglijează tensiunile (eforturile unitare) de întindere. Se pot considera, de asemenea, deformațiile peretelui, în cadrul teoriei de ordinul doi, pentru schema statică adoptată și efectul curgerii lente. Cînd acționează și forțe tăietoare se verifică eforturile unitare tangențiale și cele principale.

În cazul îmbinărilor perete-planșeu sau a însăși porțiunii de perete de lingă îmbinare, care este mai puțin rezistentă decît secțiunea curentă, se verifică rezistențele cu aceleași criterii, putîndu-se adopta scheme statice și coeficienți ai încărcărilor și condițiilor de lucru diferite.

Pentru a se asigura o comportare satisfăcătoare a clădirilor în condiții de exploatare normală și a se evita degradări în fațade sau în pereții despăr-

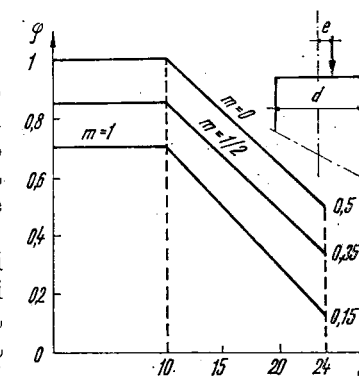


Fig. 11.52. Variația coeficientului de flambaj, φ , în funcție de subțirimea geometrică a peretelui, S și de excentricitatea relativă a încărcărilor, m .

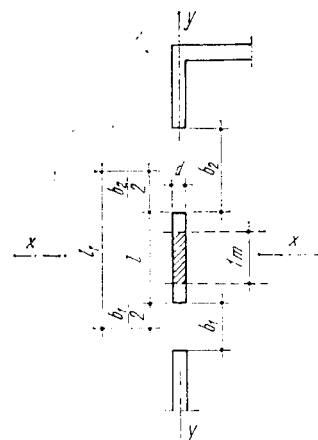


Fig. 11.53. Schema unui perete, cu considerarea pentru calculul secțiunii, a unei fișii de 1 m lățime.

fișie verticală cu lățimea de 1 m, fie cu lățimea l (în special, cînd l este mai mic de 1 m).

Schema statică a fișiei verticale cu continuitate elastică este reprezentată în figura 11.54, *a*, în care încărcările gravitaționale acționează excentric prin modul de rezemare al planșeului. Pe baza acestei scheme statice, calculul momentelor încovoietoare este totuși laborios și inexact în același timp, deoarece în dreptul planșeelor fișia nu are în realitate o continuitate perfectă. De aceea, se folosesc scheme statice simplificate (fig. 11.54, *b*), diferite pentru încărcările gravitaționale și din vînt. Pentru vînt s-a considerat o grindă continuă, însă se ține seama de faptul că în dreptul planșeelor continuitatea nu este perfectă

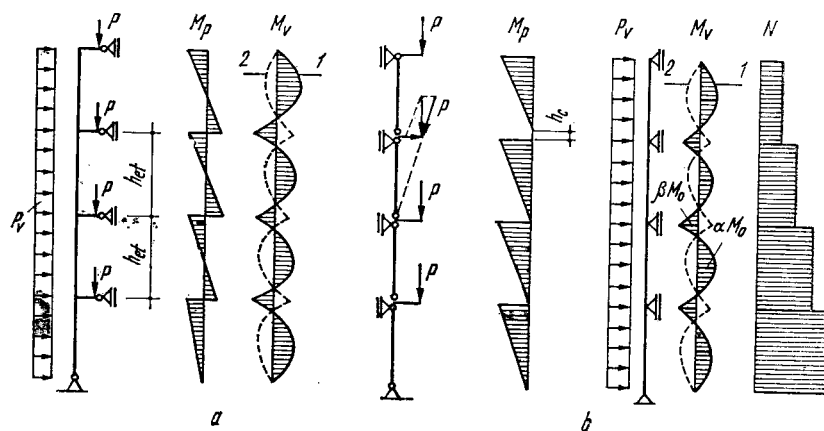


Fig. 11.54. Schema statică a unei fișii verticale de perete:

a — schema reală; *b* — schema simplificată; P_v — încărcarea din vînt; P — încărcarea din planșee; M_p , M_v — momente încovoietoare din încărcări verticale, respectiv din vînt; N — diagrama de forțe axiale; 1; 2 — momentele din presiunea, respectiv suptiunea vîntului; h_c — înălțimea centurii la zidărie.

țitori, datorite fisurării sau a unor deformații excesive, se face verificarea la stările limită ale exploatării normale, de fisurare și deformare, considerînd coeficienții încărcărilor egali de obicei cu 1. Deschiderea fisurilor și mărimea deformațiilor trebuie să rămînă inferioare anumitor valori limită, depinzînd de natura clădirilor.

11.6.2.4. Metoda simplificată pentru dimensionarea pereților portanți. Pentru dimensionarea pereților se poate considera, simplificat, o fișie verticală de perete de 1 m lățime (fig. 11.53), supusă acțiunii încărcărilor gravitaționale, verticale (permanente și utile), precum și acțiunii directe a vîntului. Această fișie se va considera într-o zonă defavorabilă, unde nu există conlucrarea cu pereții de pe cealaltă direcție sau într-o zonă slăbită de goluri. Influența defavorabilă a golului se va lua în mod real, considerînd că vîntul și încărcările gravitaționale ce acționează pe lățimea l , sînt preluate numai de șpalet (plinul dintre goluri). Calculul se poate face fie considerînd o

prin introducerea unor coeficienți de corecție în expresia momentelor încovoietoare:

$$- \text{în cîmp; } M_c = \alpha M_0;$$

$$- \text{pe reazem: } M_r = \beta M_0,$$

unde M_0 este momentul maxim pe o grindă simplă rezemată sub acțiunea unei încărcări uniform distribuite.

Lățimea reazemului se consideră la pereții portanți din zidărie (unde va fi lățimea centurii) și poate fi neglijată la pereții din beton monolit. Coeficienții α și β depind de gradul de continuitate al fișiei în dreptul reazemelor (planșeelor). Pentru pereți portanți din zidărie $\alpha = 2/3$ și $\beta = 1/3$. La o continuitate perfectă, ca în cazul pereților portanți monoliți, $\alpha = 1/3$ și $\beta = 2/3$. Verificarea capacității portante se face, de regulă, la nivelul inferior cel mai solicitat. Avînd în vedere schema statică, rezultă că momentele încovoietoare se mențin constante pe întreaga înălțime a clădirii, la diferitele etaje, dacă au aceeași încărcare. Ca urmare, excentricitatea de calcul $e_0 = M/N$ (unde M și N sînt momentul încovoietor respectiv și forța axială totală în secțiune) va scădea treptat de sus în jos, la nivelurile inferioare solicitarea este apropiată de compresiune centrică (în special cînd numărul nivelurilor, deci și forța axială, este mare).

Flambajul se consideră prin introducerea coeficientului de flambaj după direcția $x - x$ care are, pe înălțimea unui nivel, variația dată în figura 11.55, *d*. Rezultă o solicitare mai defavorabilă în treimile superioare ale nivelurilor. Lungimea de flambaj pentru pereții dublu articulați se consideră egală cu înălțimea nivelului (la pereții portanți din zidărie se scade înălțimea centurii). Dacă asupra fișiei verticale de calcul intervine influența defavorabilă a conlucrării cu pereții de pe cealaltă direcție, atunci acest lucru se va considera prin reducerea lungimii de flambaj. Dacă lățimea l a șpaletului este mai mică decît grosimea sa d (v. fig. 11.53), atunci se consideră flambajul după direcția $y - y$, lungimea de flambaj fiind egală cu înălțimea golului.

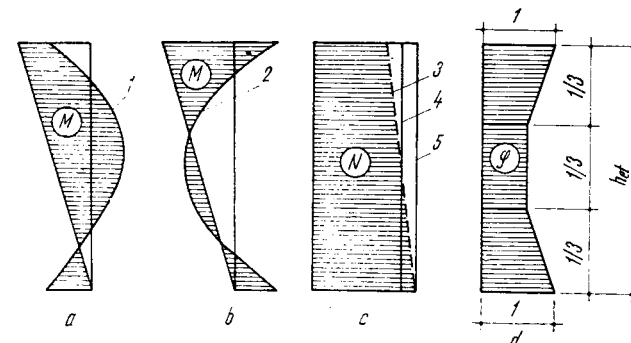
Verificarea capacității portante se face cu ajutorul relațiilor de compresiune excentrică date în capitolele 7 și 8, pentru pereți din zidărie, respectiv la disciplina de beton pentru pereții din beton monolit.

Verificarea diafragmelor panourilor mari se va face în conformitate cu indicațiile date în capitolul 16.

În general, în cazul pereților interiori se face verificarea diafragmelor, considerînd simultan acțiunea încărcărilor gravitaționale și orizontale din vînt sau

Fig. 11.55. Variația solicitărilor pe înălțimea unui nivel:

a; *b* — diagrama de momente încovoietoare din vînt și din încărcări verticale; *c* — diagrama de forțe axiale; *d* — variația coeficientului de flambaj; 1; 2 — diagrama de momente din efectul de suptiune, respectiv presiune; 3 — variația reală a forței axiale; 4; 5 — variația aproximativă a forței axiale.



seism, dacă sint și pereți de contravîntuire. De regulă, se verifică o fișie verticală cu lățimea de 1 m, situată în afara zonei de conlucrare cu peretele perpendicular (fig. 11.56). Verificarea se face pe direcția $x-x$ la rezultanta tensiunilor normale pe lățimea fișiei. Pe lângă aceasta, mai sint necesare verificări ale tensiunilor tangențiale, ale tensiunilor principale, precum și verificări ale buiandrugilor în cazul pereților cu goluri.

11.6.2.4.1. *Excentricitatea pereților din zidărie sau beton monolit.* Excentricitățile structurale se vor determina în funcție de modul de rezemare al planșeului și al peretelui superior (v. fig. 11.49, e și fig. 11.57, a , b).

În cazul pereților din zidărie, excentricitățile accidentale se pot considera astfel (indicații după normele C.I.B.):

— abaterea poziției planului median al peretelui $e_{a1} = 0,02 d$, din neomogenitatea zidăriei și $e_{a2} = 0,002 h_{et}$, din inegalitatea grosimii peretelui;

— abaterea de poziționare, $e_{a3} = 0,5$ cm.

Excentricitățile e_v din vînt (numai la pereții exteriori), e_c din cutremur sau e_t din gradientul de temperatură se calculează cu relația:

$$e = \frac{M}{N}, \quad (11.2)$$

unde M este momentul din vînt, seism sau temperatură, iar N — forța axială totală din secțiune.

Excentricitatea de calcul se va determina cu relația:

$$|e_o| = \sqrt{0,3 (e_s^2 + e_t^2) + 0,4 e_s e_t + |e_v| + |e_c| + |e_i|}, \quad (11.3)$$

unde e_s și e_t reprezintă excentricitățile în secțiunile de la partea superioară și inferioară a peretelui (v. fig. 11.49, e), iar e_v și e_c — excentricitățile din vînt,

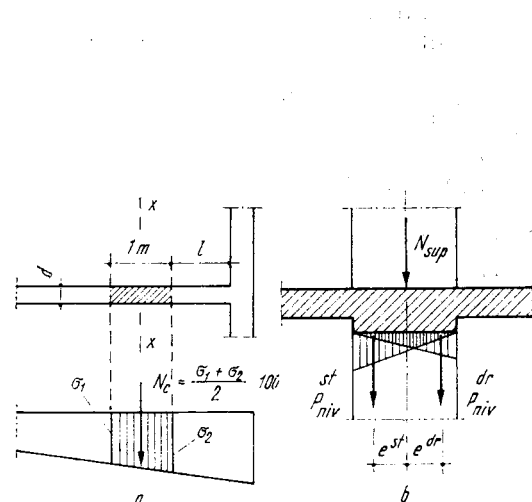


Fig. 11.56. Schema de verificare a pereților interiori: a — considerarea fișiei verticale de 1 m; b — distribuția încărcărilor la rezemarea planșelor; l — zona de conlucrare a pereților; σ — tensiunile normale din încărcările orizontale.

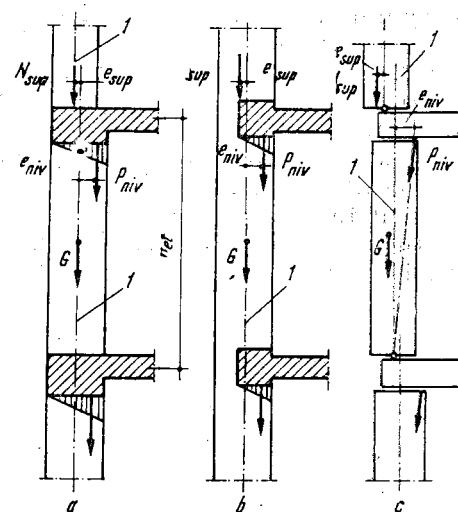


Fig. 11.57. Scheme de aplicare a încărcărilor: a — pentru pereți portanți din zidărie; b — pentru pereți turnați monolit în cofraje glisante; c — pentru pereți din panouri mari; l — axa centrului de greutate a peretelui.

respectiv cutremur, care nu se consideră simultan, apreciindu-se situația cea mai defavorabilă.

În mod simplificat, la pereții din zidărie sau beton, excentricitatea de calcul se poate determina cu relația:

$$e_o = \frac{M}{N} = \frac{N_{sup} e_{sup} + P_{niv} e_{niv} + M_v}{N_s + P_{niv} + G} + 2 \text{ cm}, \quad (11.4)$$

unde M_v este momentul din vînt, iar G — greutatea proprie a peretelui.

16.6.2.4.2. *Excentricitatea pereților portanți din panouri mari.* Determinarea excentricității în cazul compresiunii cu flambaj se face cu relația (după normele I.S.L.G.C.):

$$e_o = \sqrt{0,3 (e_s^2 + e_t^2) + 0,4 e_s e_t + |e_p| + |e_v| + |e_c|}, \quad (11.5)$$

unde e_v ; e_c sînt excentricitățile din vînt, cutremur, considerate la jumătatea înălțimii panoului;

e_p — excentricitatea accidentală din defectul de planeitate (în lipsă de date se va lua 0,002 din înălțimea panoului), considerată la jumătatea înălțimii panoului;

$$e_s (e_t) = e_1 + e_2 + e_3 + e_4 + e_5;$$

e_1 — excentricitatea din dezaxarea îmbinărilor, în raport cu panoul considerat și a panourilor suprapuse între ele, ca excentricități structurale;

e_2 — excentricitatea din poziția dezaxată a reazemelor planșelor de ambele părți (excentricitate structurală), ca și din greutatea stratului de protecție la panourile exterioare;

e_3 — excentricitatea provenită din abaterea față de poziția teoretică (centrul de greutate) a planului median ca efect al neomogenității betonului, mai ales turnat pe orizontală și deci defect de confecționare, cu valoarea de 2...5% din grosimea panoului;

e_4 — excentricitatea din dezaxarea planurilor mediane ale panourilor suprapuse, deci defect de montaj; în lipsă de date se ia aproximativ 2 cm;

e_5 — excentricitatea accidentală din defecte de pozare (suprapunere, verticalitate), de circa 1 cm, pentru un ecart între axe a două panouri de 2 cm. Abaterea se poate lua de 1...3 cm, în funcție de dispozitivele constructive și de calitatea execuției.

Excentricitățile e_v (numai în cazul pereților exteriori) și e_c se calculează cu relația (11.2):

$$e_v (e_c) = \frac{M}{N}, \quad (11.6)$$

în care M este momentul pentru o fișie de perete egală cu unitatea, considerînd peretele dublu articulat sau rezemat pe 3 sau 4 laturi, dacă panoul are margini verticale fixate, iar N — încărcarea axială, totală, a fișiei.

11.6.2.4.3. *Verificarea la flambaj.* Verificarea la flambaj în cazul structurii fagure se face pentru o fișie de lățime unitară amplasată diferit:

— spre latura liberă, dacă panoul are o latură fixată, iar raportul h_{et}/L este mai mic ca 1;

— în zona de mijloc a panoului cu ambele laturi verticale fixate când raportul h_{et}/L este mai mic ca 0,5;
— pe o linie verticală situată la o distanță de la marginea cea mai comprimată a panoului egală cu cea mai mică dintre valorile h_{et}/L sau $L/3$ din lungimea zonei comprimate, la panourile cu ambele laturi verticale libere, la panouri cu o latură verticală fixă având $h_{et}/L < 1$ sau la panouri cu două laturi verticale fixate și $h_{et}/L > 0,5$.

În cazul panourilor cu una sau două laturi verticale fixe, se verifică și rezistența în dreptul laturii verticale sau compresiunile cele mai mari, fără a considera flambajul.

11.6.3. DEFORMĂȚILE ȘI FISURAREA PEREȚILOR

Deformațiile pereților se pot grupa în trei categorii:

- *deformații produse de încărcări exterioare*, care dezvoltă stări de tensiuni σ , τ și deformații specifice ϵ , γ , cu concentrări de tensiuni în anumite zone, care pot provoca deformații mari, urmate uneori de apariția fisurilor;
- *deformații produse de deplasări impuse*, datorită tasărilor fundațiilor, efectelor precomprimării, contracției și curgerii lente;
- *deformații produse de variații dimensionale* datorite variațiilor de umiditate și temperatură, ca și modificărilor de compoziție chimică. În cazul variațiilor dimensionale se produce o stare de tensiune când aceste deformații sunt împiedicate, ca în cazul structurilor static nedeterminate. Eforturile care apar (forță axială și moment încovoietor) sînt proporționale cu deplasările liniare Δl sau unghiulare $\Delta \varphi$, împiedicate:

$$N = \frac{EA}{l} \Delta l; \quad (11.7)$$

$$M = \frac{EI}{\Delta l} \Delta \varphi, \quad (11.8)$$

în care E, A și I sînt modulul de elasticitate, aria și momentul de inerție al barei. Aceste eforturi acționează și asupra legăturilor care pot fi alte elemente de construcție. În general, elementele pot avea simultan atât alungiri cât și lunecări împiedicate.

11.7. ELEMENTE CONSTRUCTIVE LA PEREȚI

Cerințele de exploatare și de estetică ale clădirilor, necesitatea conlucrării pereților și a planșelor la încărcări orizontale și verticale, asigurarea contra fisurării datorită variațiilor de temperatură sau tasării fundațiilor, cerințe de ventilare naturală și de iluminare etc., implică adoptarea unor elemente constructive la pereți cum sînt: golurile, buiandrugii, cornișele, aticurile, centurile de ancorare a pereților etc.

11.7.1. GOLURI ÎN PEREȚI

11.7.1.1. Goluri pentru uși și ferestre. Poziția, forma și mărimea golurilor pentru uși și ferestre sînt impuse de cerințele funcționale, de iluminare și estetice ale clădirii. Golurile practicate în pereții exteriori (pentru ferestre și pentru

accesul în logii sau balcoane) trebuie să contribuie la plastica fațadei. Prin practicarea de goluri în pereții portanți se va urmări menținerea unor plinuri (șpaleti) cu capacitate portantă corespunzătoare solicitărilor.

Elementele principale ale golurilor de fereastră sînt prezentate în figura 11.58.

Execuția golurilor se poate face cu ajutorul unor elemente provizorii, care ulterior se îndepărtează (șabloane la pereții din zidărie și cofraje la cei din beton monolit) sau cu ajutorul unor elemente definitive numite *ancadrame* (în special la pereții din zidărie), care pot fi dintr-un singur element în formă de cadru sau din elemente independente (montanți și traverse).

Pentru fixarea tocurilor ferestrelor și ușilor, se prevăd elemente îngropate în glafurile verticale, numite *ghermele* (obișnuit 2 sau 3 ghermele pe înălțimea unui glaf) care se execută din lemn (tufan sau stejar) impermeabilizat în carbolineum, din cărămizi găurite, din beton, din fibre aglomerate de tip durisol etc. Ghermelele se înzidesc la pereții din zidărie sau se montează în cofraj la pereții din beton.

Forma în plan și în secțiune transversală a golurilor poate fi simplă sau cu urechi. La pereții groși și în special la cei de subsol se vor prevedea muchii teșite (fig. 11.59).

Atît golurile pentru ferestre cît și cele pentru uși se proiectează și realizează cu respectarea modulării și tipizării ferestrelor și ușilor; în cazul pereților turnați în cofraje glisante, se va avea în vedere și grosimea planșului (fig. 11.60).

11.7.1.2. Alte tipuri de goluri prevăzute în pereți. Pe lângă golurile pentru ferestre și uși, în pereți se mai practică goluri impuse de instalații sau de ventilația naturală: străpungeri de conducte și canale, șlițuri verticale deschise pentru

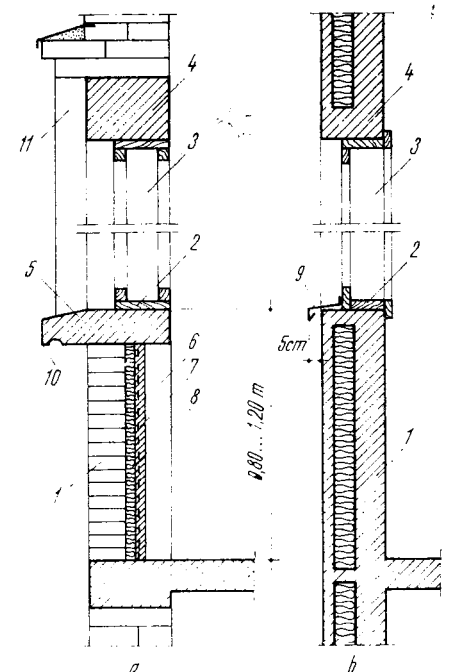


Fig. 11.58. Elementele golurilor de fereastră: a - gol în perete de zidărie; b - gol în perete de beton monolit turnat în cofraje glisante; 1 - parapet; 2 - glaf orizontal; 3 - glaf vertical; 4 - buiandrug; 5 - sol-banc; 6 - nișă pentru calorifer; 7 - tencuială pe rabit; 8 - termoizolație; 9 - sort de tablă; 10 - lăcrimar; 11 - ancadrament.

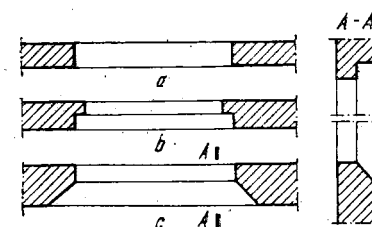


Fig. 11.59. Forme de goluri pentru ferestre:

a - cu margini drepte; b - cu urechi; c - cu muchii teșite și urechi la partea superioară.

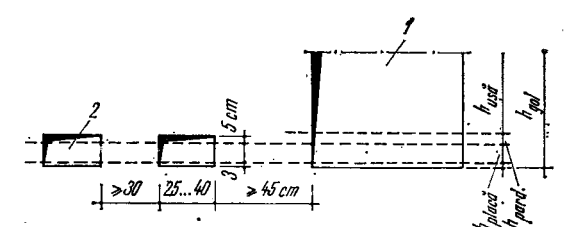


Fig. 11.60. Goluri pentru uși și pentru rezemarea planșelor la pereți turnați în cofraje glisante:

1 - gol de ușă; 2 - gol pentru rezemarea planșului.

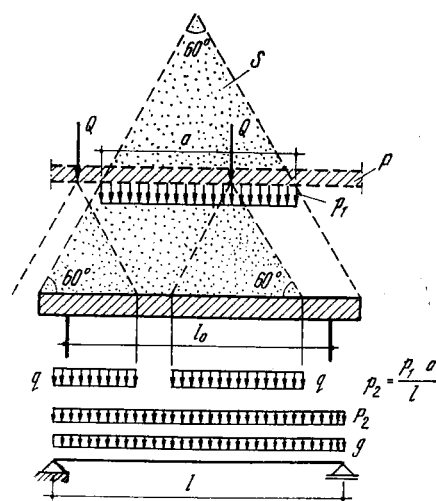


Fig. 11.63. Încărcările de calcul pentru buiandrugii:

S — suprafața zidăriei care se descarcă pe buiandrug;
 p_1 ; p_2 — încărcarea din planșeu la nivelul acestuia, respectiv la nivelul buiandrugului; q — încărcarea pe buiandrug din forța concentrată; q — greutatea proprie a buiandrugului; P — planșeu.

sau U înglobate sau nu în beton (fig. 11.62, l);

— buiandrugii din beton armat sînt cei mai des folosiți. Se pot realiza monolit sau din elemente prefabricate pe toată grosimea peretelui sau pe o grosime limitată, în vederea corectării punții termice cu un material termoizolant sau cu o căptușeală de zidărie cu grosimea de 12,5 cm (fig. 11.62, m, n). La pereți cu lățimi mici ale șpaletilor, se pot prevedea buiandrugii comuni pentru două sau mai multe goluri. În cazul cînd distanța de la buiandrug la planșeu este mică, apare judicioasă adoptarea unui element comun pentru buiandrug și pentru centura planșeului.

Calculul buiandrugilor din lemn, piatră, metal sau beton se face ca pentru grinzi simplu rezemate încărcate cu greutatea zidăriei de deasupra și încărcarea din planșeu, considerînd efectul de boltă (fig. 11.63).

11.7.3. CORNIȘE. ATICURI

Cornișele sînt elemente ale pereților dispuse orizontal la partea superioară, avînd rol de protecție împotriva intemperiilor (ploaie, zăpadă) și de plastică arhitecturală. La construcțiile monumentale, împreună cu arhitrava și friza, cornișa formează antablamentul, fiind partea superioară a acestuia.

În sens general, în noțiunea de cornișă intră toate elementele orizontale profilate, proeminente în afară ale pereților (fig. 11.64):

- cornișe principale sau de coronament;
- cornișe intermediare denumite și briie;
- ieșinduri orizontale la ferestre, la partea de sus și de jos (ancadrament, solbanc);
- cornișe de soclu.

După natura materialelor din care se pot realiza, se disting (fig. 11.65):

- cornișe din zidărie de cărămidă nearmată sau armată;
- cornișe din blocuri de piatră naturală, de beton sau ceramice;
- cornișe din beton armat (monolite sau din elemente prefabricate);
- cornișe din tencuială pe schelet metalic, rabiț sau lemn;
- cornișe din mortar de ciment.

Construcția și alcătuirea cornișelor depinde de mărimea efectului de consolă, de sistemul constructiv, de structura de rezistență a clădirii, de finisajele exterioare preconizate.

La pereții din zidărie, cornișele care ies în afara peretelui cu cel mult 1/2 din grosimea lui, se pot executa prin scoaterea simplă în consolă a cărămidizilor. Cornișele care ies în afara peretelui cu mai mult de 1/2 din grosimea lui sau la care un rînd de zidărie ar trebui să iasă cu mai mult de 10 cm față de cel de dedesubt, vor fi susținute sau alcătuite din elemente de construcție speciale:

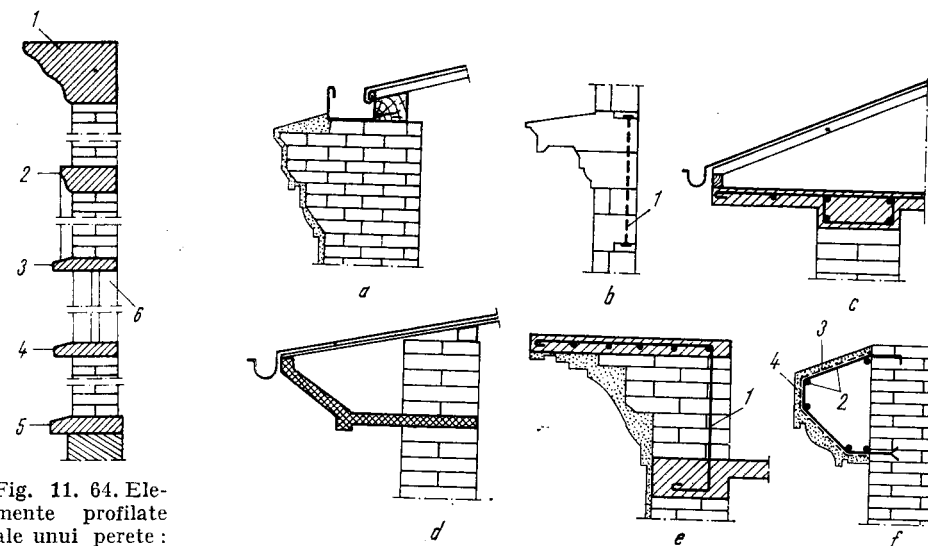


Fig. 11.64. Elemente profilate ale unui perete:
 1 — cornișă principală; 2 — briu; 3 — ancadrament; 4 — solbanc; 5 — soclu; 6 — gol pentru ferestre.

Fig. 11.65. Tipuri de cornișe:

a — din zidărie; b — din piatră naturală; c — din beton monolit; d — din elemente prefabricate de beton; e — din beton monolit și tencuială; f — cornișă falsă pe schelet metalic; 1 — armătură pentru ancorare; 2 — schelet din oțel — beton; 3 — plasă de rabiț; 4 — tencuială.

plăci de beton armat monolit (fig. 11.65, c), elemente de cornișe prefabricate din beton armat (fig. 11.65, d) etc. Stabilitatea cornișelor care nu sînt la același nivel cu planșeul va fi asigurată fie prin greutatea zidăriei (fig. 11.65, d), fie prin ancorarea în planșeul de dedesubt cu bare din oțel așezate în rosturile verticale (fig. 11.65, e).

La pereții din beton monolit, cornișele se pot realiza fie monolite, fie din elemente prefabricate.

La clădirile din panouri mari, se folosesc cornișe prefabricate adaptate sistemului de prindere al panourilor.

La clădiri de importanță mai mică, cu șarpantă din lemn, se pot adopta cornișe din lemn sub formă de căpriori aparenti profilați sau sub formă de streășină înfundată.

În ceea ce privește calculul cornișelor, se poate distinge un calcul la stabilitate al cornișei, prin care se verifică dacă momentul de stabilitate este mai mare ca cel de răsturnare și un calcul de rezistență, în care se verifică efectiv cornișa (la încovoiere și forță tăietoare), peretele (la compresiune excentrică) și ancorajul cornișei. Problemele se pun diferit, în funcție de modul de realizare al cornișei. În figura 11.66 se prezintă încărcările care acționează pe o cornișă prefabricată.

Pe măsură ce înălțimea clădirii crește, pentru a putea proteja fațada, cornișele ar trebui realizate cu deschideri din ce în ce mai mari, avînd în vedere că ploaia cade, în general, sub un unghi de 15°. În aceste cazuri, clădirile se execută în mod obișnuit cu atic.

Aticul reprezintă o continuare pe verticală a pereților (în mod obișnuit a celor exteriori) deasupra nivelului terasei, avînd următoarele funcțiuni:

- de racordare a hidroizolației la terasele cu scurgere interioară a apelor pluviale;

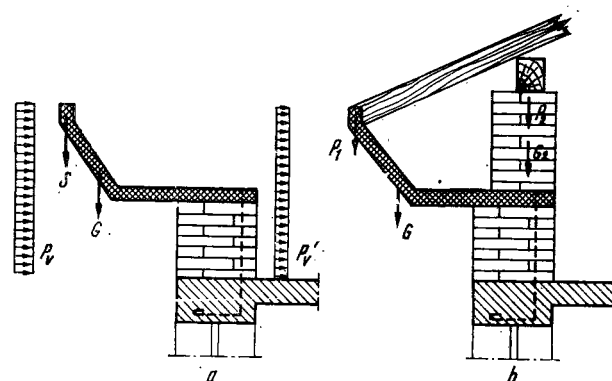


Fig. 11.66. Încărcările care acționează asupra unei cornișe prefabricate: *a* - în timpul montajului; *b* - în exploatare; *S* - încărcarea din schela suspendată; *G* - greutatea cornișei; *P_v*; *P_s* - acțiunea vântului cu presiune, respectiv cu suclune; *G_s* - greutatea peretelui de deasupra cornișei; *P₁*; *P₂* - încărcări din acoperiș.

- de realizare a aspectului arhitectural al fațadelor;
- de mascare a unor elemente marginale de deasupra terasei (panta, canalele de ventilație etc.);
- în cazul teraselor circulabile, reprezintă un element de siguranță pentru persoanele care circulă pe terasă.

Aticele se pot realiza din zidărie sau din beton monolit.

Înălțimea aticului la terase necirculabile trebuie să asigure o racordare a hidroizolației pe cel puțin 25 cm, iar la terasele circulabile, înălțimea minimă de siguranță prescrisă în norme este de 90...100 cm.

Aticul este protejat împotriva intemperiilor cu un coronament alcătuit dintr-o placă de beton cu grosimea de 8...10 cm, tencuită cu mortar de ciment sclivisit sau se acoperă cu tablă galvanizată prevăzută cu lăcrimare pe ambele părți. Protecția hidrofugă a părții verticale a aticului se realizează prin prelungirea hidroizolației pînă sub copertina acestuia.

11.7.4. ANCORAREA PEREȚILOR. CENTURI

În scopul realizării conlucrării spațiale dintre pereți, precum și între pereți și planșee la acțiunea celor mai defavorabile combinații de încărcări (gravitaționale și orizontale), este necesar a se prevedea legături între aceste elemente.

În general, în cazul clădirilor cu pereți portanți, se pot distinge două tipuri de legături:

- legături la colțurile, intersecțiile și ramificațiile pereților, realizînd legătura și conlucrarea pereților pe orizontală și verticală. Aceste legături sînt dispuse în lungul intersecției pe verticală a pereților;

- legături orizontale dispuse la intersecția pereților cu planșeele (centuri), realizînd legătura și conlucrarea atît a pereților între ei, cît și legătura și conlucrarea între pereți și planșee.

11.7.4.1. Legături la colțuri, intersecții și ramificații. În cazul pereților din beton monolit, legăturile la colțuri, intersecții și ramificații se realizează cu ajutorul carcaselor, pe toată înălțimea clădirii. Carcase se mai dispun și la capetele pereților (care pot avea sau nu evazări), cît și în jurul golurilor (fig. 11.67). Armătura verticală de la intersecțiile pereților va avea o secțiune de cel puțin

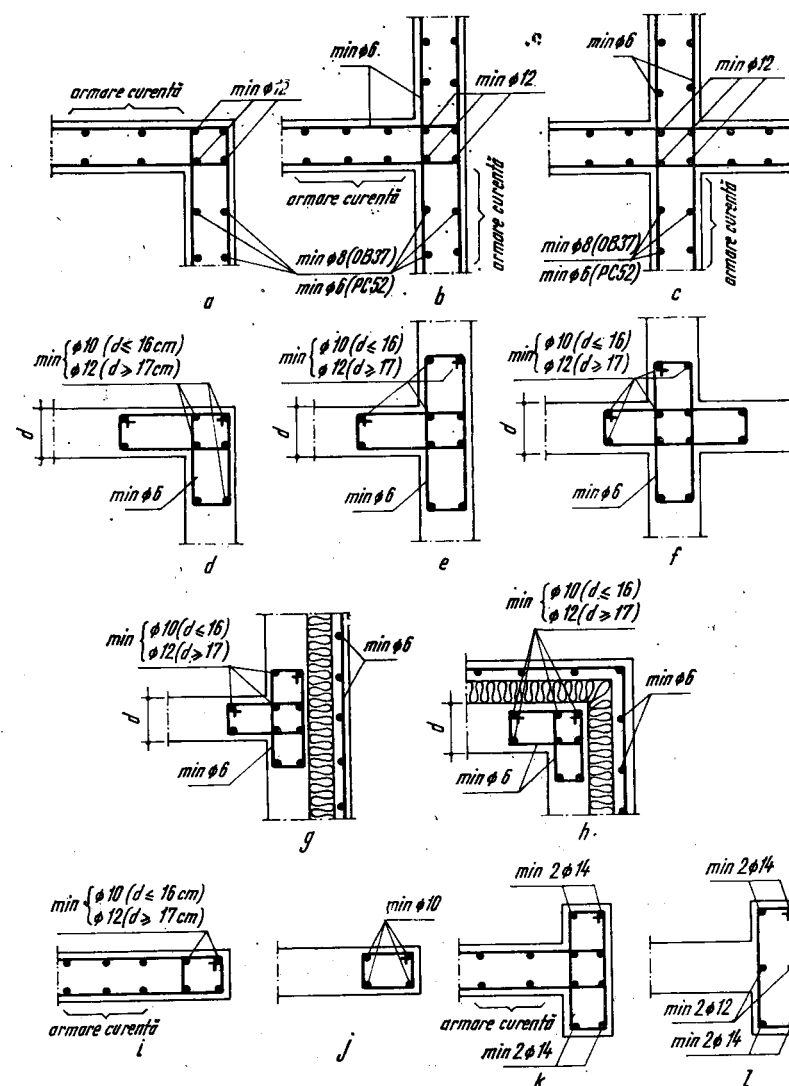


Fig. 11.67. Detalii de armare a pereților din beton armat monolit la colțuri, intersecții, ramificații, capete de diafragme și bordări de goluri:

a; *b*; *c* - detalii de armare a colțurilor, ramificațiilor și intersecțiilor la pereți interiori, la nivelurile unde se face și armare în secțiunea curentă; *d*; *e*; *f* - detalii de armare a colțurilor, ramificațiilor și intersecțiilor la pereți interiori la nivelurile unde nu se armează pereții în secțiunea curentă; *g*; *h* - armarea ramificațiilor și colțurilor la pereți exteriori, la nivelurile unde nu se armează pereții în secțiunea curentă; *i*; *j* - armarea pereților interiori la capete fără evazări sau la bordări de goluri, la nivelurile cu și fără armătură în secțiunea curentă a pereților; *k*; *l* - armarea pereților interiori la capete cu evazări (bulbi), la nivelurile cu și fără armătură în secțiunea curentă.

0,15% din secțiunea convențională a intersecției, reprezentată hașurat în figura 11.68.

Pentru preluarea tensiunilor de întindere orizontală care apar din cauza contracției împiedicate a betonului, precum și din întreruperile tehnologice de turnare, se prevede o armare constructivă cu plase a pereților astfel: la clădirile avînd $P + 4E$, armarea se face numai la primul nivel (parter), iar

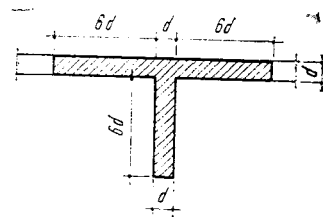


Fig. 11.68. Secțiunea convențională de armare a pereților din beton armat monolit.

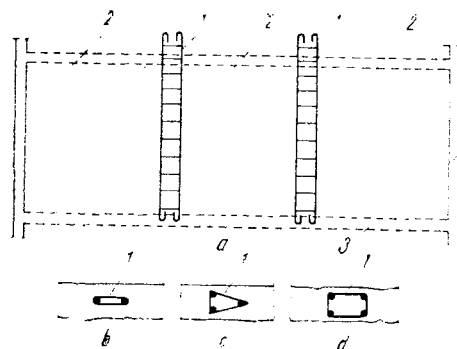


Fig. 11.69. Armarea pereților fără goluri care au lungime mare:

a - elevație perete; b - carcasă cu două bare; c - carcasă cu trei bare; d - carcasă cu patru bare; 1 - carcasă de armătură; 2 - panou nearmat; 3 - planșeu; 4 - perete perpendicular.

la clădirile cu mai mult de $P + 4E$ se armează primele două niveluri (parterul și etajul I). În cazurile când clădirea are și subsol, pereții se armează și la subsol pe același considerent. Pentru preluarea tensiunilor din dilatarea planșeului terasă, se armează cu plase ultimul nivel. Barele orizontale ale plasei se așază spre exteriorul secțiunii. Distanța maximă între bare, orizontale sau verticale, este de 30 cm. Se recomandă următoarele procente minime de armare: pentru barele orizontale 0,10...0,15%, iar pentru barele verticale 0,15...0,25% la armarea cu OB 37 și 0,10...0,15% la armarea cu PC 52.

La pereții nearmați, cu lungimi mari, neîntrerupți prin goluri sau intersecții cu alți pereți, se realizează o armare cu stâlpișori (carcase) din 2, 3 sau 4 bare verticale, dispuse astfel încât să compartimenteze perețele în porțiuni apropiate de pătrat (fig. 11.69).

La sistemul de turnare al pereților în cofraje metalice universale (de tipul INCERC), de dimensiuni mari ce depășesc lungimea unei camere, se execută întâi pereții de pe o direcție și apoi de pe cealaltă direcție. În acest caz, legarea pereților turnați în cele două faze, se poate realiza astfel:

— prin tronsoane de continuitate care se întrepătrund pe înălțimea unui nivel (fig. 11.70). Înălțimea acestor tronsoane variază între $1/2$ și $1/8$ din înălțimea nivelului;

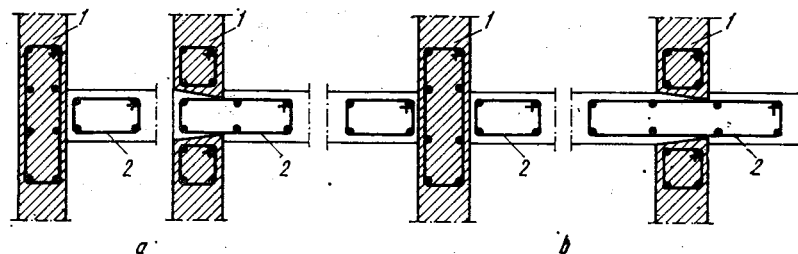


Fig. 11.70. Legarea pereților turnați în faze diferite:

a - intersecție în T; b - intersecție în cruce; 1 - tronson turnat în prima fază; 2 - tronson turnat în faza a doua.

— prin amprente (alveole) lăsate în perețele turnat în prima fază și prin armături (mustăți) rabătute.

Dacă din acțiunea indirectă a vântului rezultă armătură prin calcul, atunci carcassele (stâlpișorii) de la capetele pereților se vor alcătui cu bare de diametre corespunzătoare solicitării.

În cazul pereților din panouri mari sau din elemente spațiale, conlucrarea se realizează cu ajutorul îmbinărilor.

Legătura pereților din zidărie la colțuri, intersecții și ramificații se face prin țeserea pietrelor. În cazul în care se folosesc cărămizi sau blocuri cu înălțimi de asize diferite (de exemplu, 63 sau 138 mm cu 188 mm), legarea pereților se asigură prin intercalarea unor stâlpișori de beton armat și prin prevederea de armături de legătură între aceștia și zidăriile adiacente (fig. 11.71).

Pereții exteriori din zidărie trebuie legați de planșee prin ancore. Ancorarea se face în dreptul fiecărui planșeu (putându-se eventual renunța în dreptul planșeului peste subsol), astfel:

- prin planșee de beton armat monolit, dacă armătura principală și de repartiție este trecută pe toată grosimea peretelui exterior;
- prin centuri de beton armat;
- prin centuri de zidărie armată;
- prin legături de oțel-beton, dispuse la nivelul fiecărui planșeu și între planșee la circa 2 m distanță (fig. 11.72, a);
- prin grinzile planșeului;
- prin grinzi de acoperiș (dacă acestea nu dau împingeri și sînt așezate la cel mult 6 m distanță).

În cazul pereților din zidărie cu slăbiri importante din cauza golurilor, în cazul unor tasări neegale și la clădiri amplasate în zone seismice, este necesară întărirea pereților (obișnuit la colțuri și intersecții) cu ajutorul unor stâlpișori din beton armat (sîmburi) prinși monolit de centuri, sau prin armarea pereților la colțuri și intersecții (fig. 11.72, b, c). Trebuie luate măsuri pentru conlucrarea zidăriei cu stâlpișorii din beton armat prin ștrepi, rosturi complet umplute sau armături $\varnothing 6... \varnothing 10$ mm înglobate în rosturi.

Pereții din zidărie de umplutură se leagă de elementele portante ale construcției (stâlpi, diafragme, planșee) prin împănare și ancorare cu mustăți sau platbande în rosturile orizontale ale zidăriei (fig. 11.73).

Pereții cu stabilitate redusă (calcanе izolate, aticuri, frontoane) și coșurile de fum cu înălțime mare se ancorează de elementele structurale adiacente prin măsuri corespunzătoare, stabilite de la caz la caz, în proiectele de execuție.

11.7.4.2. Centuri. Sînt elemente de construcție prevăzute în pereți, la nivelul planșeelor, avînd rolul de a asigura conlucrarea între pereți, precum și între pereți și planșee.

La pereții din beton monolit, centurile se realizează prin prevederea unor armături orizontale în perete la nivelul planșeelor (fig. 11.74), iar la pereții din panouri mari, prin prevederea unor armături în rosturile orizontale (v. fig. 11.13; 11.14 și 11.15). La pereții din zidărie, centurile se pot realiza din beton armat, din zidărie armată sau chiar din lemn.

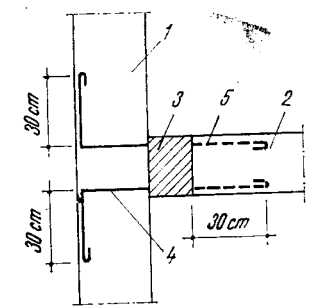


Fig. 11.71. Legarea pereților portanți realizați din pietre cu asize diferite:

1 - perete exterior; 2 - perete interior; 3 - stâlpișor din beton armat; 4; 5 - armături de legătură.

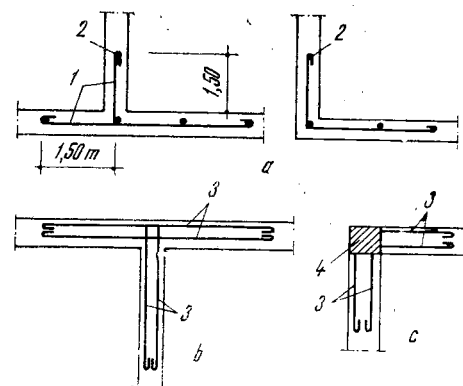


Fig. 11.72. Legături la pereți din zidărie: a - cu legături orizontale și verticale din otel-beton; b - cu armături transversale; c - cu simbre de beton armat și armături transversale; 1 - armături orizontale; 2 - armături verticale; 3 - armături transversale; 4 - simbre din beton armat.

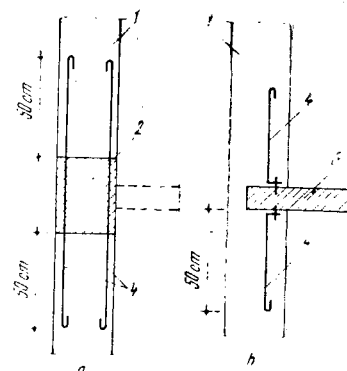


Fig. 11.73. Legarea pereților de umplutură de elementele de rezistență: a - cu mustăți lăsate la turnare; b - cu mustăți sau platbande prinse cu bolturi împușcate; 1 - perete autoportant; 2 - stîlp de beton armat; 3 - diafragmă din beton armat; 4 - mustăți de legătură.

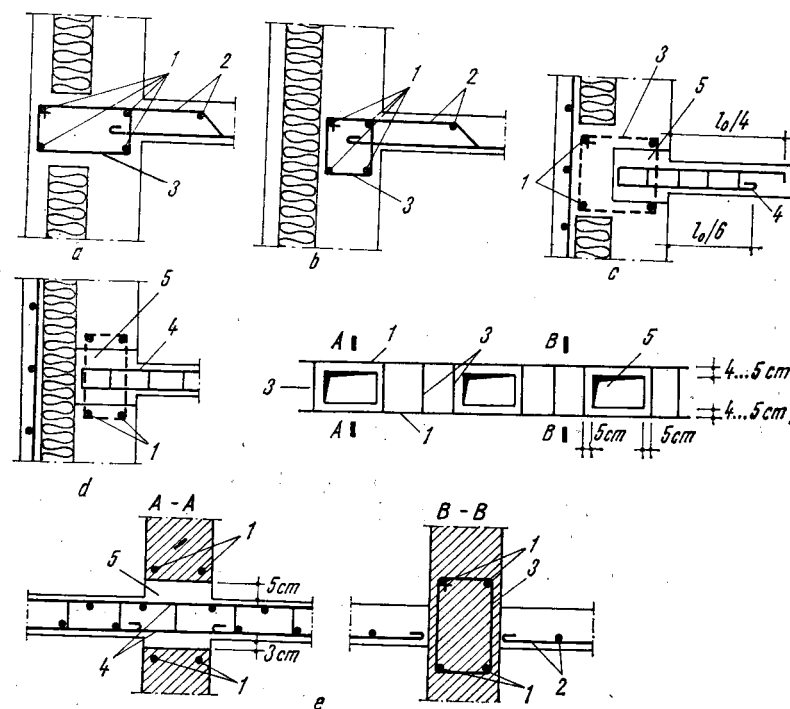


Fig. 11.74. Detalii de centuri la pereți din beton monolit: a, b - la pereți turnați în cofraje fixe, centura realizînd sau nu punte termică; c, d - la pereți exteriori turnați în cofraje glisante, centura realizînd sau nu punte termică; e - elevație și secțiuni pentru centura pereților interiori, realizați cu cofraje glisante; 1 - armătură în centură; 2 - armătură în planșeu; 3 - etrier în centură; 4 - armătură amplasată în goluri; 5 - gol în perete pentru rezemarea planșeului.

În figura 11.75 se prezintă un detaliu de armare a centurii, buiandrugului și a marginilor golului, la un perete exterior din beton monolit.

După funcțiunea principală în construcție centurile pot fi: antiseismice, de tasare, de ancorare, de stabilitate, de repartizare a încărcărilor. Trebuie menționat faptul că o centură poate îndeplini simultan mai multe sau chiar toate funcțiunile, însă denumirea centurii se dă după cea principală pe care o îndeplinește în construcție.

Centurile antiseismice asigură conlucrarea spațială a elementelor de construcție, avînd un rol important atît în cazul clădirilor cu planșee monolite, dar mai ales în cazul clădirilor cu planșee prefabricate (fig. 11.76, a).

Centurile de tasare se prevăd la zidurile interioare și exterioare ale construcțiilor fundate pe terenuri susceptibile la tasări mari și inegale (fig. 11.76, b).

Centurile de ancorare care au rolul de a asigura conlucrarea elementelor de planșeu și cornișe cu pereții, se prevăd la pereții exteriori sau interiori (fig. 11.76, c).

Centurile de stabilitate se prevăd la pereții de subsol (supuși la împingerea pămîntului), la pereții magaziiilor sau silozurilor (supuși la împingerea materialelor), la timpane și frontoane (supuse la acțiunea directă a vîntului), la pereții supuși vibrațiilor provenite de la motoare, poduri rulante etc. (fig. 11.76, d).

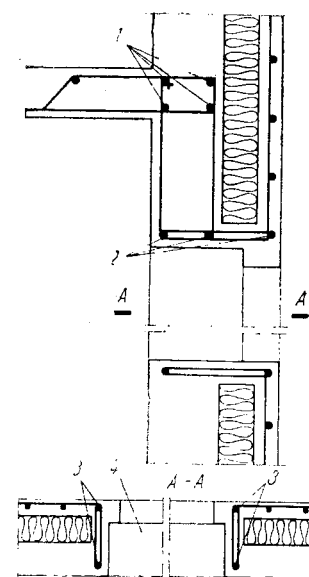


Fig. 11.75. Detaliu de armare a centurii, buiandrugului și a marginilor golului la un perete exterior, turnat în cofraje glisante: 1 - armătura centurii; 2 - armătura buiandrugului; 3 - armătură pentru bordarea golului; 4 - gol de fereastră.

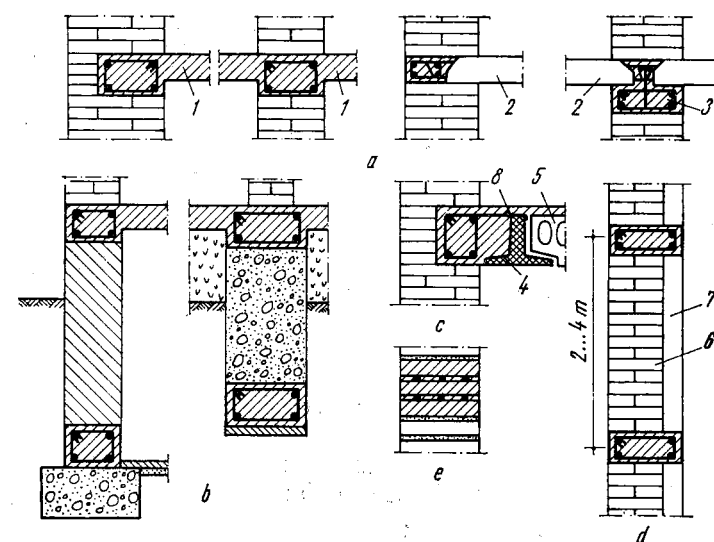


Fig. 11.76. Tipuri de centuri: a - antiseismice; b - de tasare; c - de ancorare; d - de stabilitate; e - din zidărie armată; 1 - planșeu monolit; 2 - element prefabricat de planșeu; 3 - subcentură; 4 - grindă prefabricată de planșeu; 5 - corp de umplutură; 6 - perete; 7 - pilastru; 8 - armătură de ancorare.

În funcție de felul zidăriei, de marca mortarului și de raportul dintre înălțimea și grosimea peretelui, sînt indicate cazurile de folosire a centurilor de ancorare.

Centurile din beton armat se realizează, în general, din beton de aceeași marcă ca și betonul din planșee. Secțiunea minimă a armăturii longitudinale va fi:

- 1..2 cm², la centuri de ancorare;
- 2...6 cm², la centuri antiseismice, de stabilitate și de repartitie;
- 3...10 cm², la centuri de tasare și la centurile clădirilor supuse la vibrații.

Centurile din zidărie armată se realizează din zidărie de cărămidă cu marca minimă 75 sau blocuri de beton cu marca minimă 50 și mortar de marcă minimă 50 (fig. 11.76, e).

Calculul exact al centurilor este destul de dificil și se efectuează numai în cazul unor solicitări importante care pot fi estimate judicios, provenind din vînt, împingerea pămîntului, cutremur, tasări inegale.

Centurile care servesc la ancorarea balcoanelor sau consolelor cu deschidere mare sînt solicitate la momente de torsiune și se armează corespunzător.

Din cele prezentate se observă că se realizează un ansamblu de elemente care asigură legăturile și ancorările pereților și planșeelor. La rîndul lor, aceste elemente de legătură sînt legate reciproc, creîndu-se astfel o rețea spațială, care are un rol foarte important la rigiditatea de ansamblu a clădirii.

Pe lîngă legăturile efective, la realizarea conlucrării spațiale mai contribuie și forțele de frecare și aderență care apar între elemente.

11.7.5. COȘURI DE FUM ȘI CANALE DE VENTILAȚIE

11.7.5.1. Coșuri de fum. Sînt elemente verticale de construcție prevăzute cu canale pentru evacuarea gazelor din combustie și a fumului ce provin din focarele sobelor de încălzit sau gătit, cazanelor pentru apă caldă, crematoarelor de gunoaie etc. La focarele obișnuite, încărcarea termică nominală este de cel mult 34 800 W (30 000 kcal/h), în cazul alimentării cu combustibil solid și de cel mult 69 600 W (60 000 kcal/h), în cazul alimentării cu combustibil lichid sau gaze.

Mărimea secțiunii canalelor, înălțimea coșurilor etc. se determină în funcție de înălțimea activă de tiraj, de felul combustibilului folosit, de încărcarea termică nominală totală, de numărul focarelor racordate la același canal, de materialul și natura suprafeței interioare a canalelor, precum și în funcție de condițiile locale (perturbații ale curenților de aer etc.).

Tirajul coșurilor este proporțional cu înălțimea activă și cu diferența de temperatură (respectiv de densitate) dintre aerul interior și cel exterior și se exprimă cu relația:

$$H = (1 - f) h(\rho_e - \rho_i), [\text{mmH}_2\text{O}], \quad (11.9)$$

în care f este coeficientul de frecare al gazelor pe suprafața interioară a canalului, avînd o valoare medie de 0,55;

h — înălțimea activă, în m;

ρ_e, ρ_i — densitatea aerului exterior și interior, în kg/m³.

În cazul focarelor alimentate cu combustibil solid, înălțimea activă (de tiraj) a canalelor de fum, măsurată pe verticală de la grătarul focarului pînă la ieșirea

fumului din coș va fi de cel puțin 4,50 m. Se admit înălțimi mai mici însă cel puțin 3,50 m numai pentru ultimul nivel. În aceste cazuri însă nu este permisă racordarea de focare economice cu tiraj invers (în care gazele de ardere circulă de sus în jos) și nici racordarea a două focare la același canal.

Înălțimea inactivă (de colectare a funinginei), măsurată de la baza orificiului de curățire pînă la primul racord va fi de 1/10 din înălțimea activă a canalului de fum, însă cel puțin 50 cm.

În cazul focarelor alimentate cu gaze și cu combustibil lichid, înălțimea activă (de tiraj) a canalelor poate fi redusă la 2,50 m, iar înălțimea inactivă la 50 cm indiferent de mărimea înălțimii active.

Pentru a asigura un tiraj bun, gazele arse trebuie să-și mențină temperatura ridicată pînă la ieșirea din canalul coșului. De aceea, trebuie luate măsuri pentru izolarea termică a canalelor, în special deasupra ultimului nivel și la coșurile amplasate în pereții exteriori. Prin gruparea mai multor canale într-un singur coș se micșorează pierderile de căldură, deoarece se reduce perimetrul exterior.

Pentru gruparea canalelor de fum într-un singur coș și pentru legarea sobelor îndepărtate se pot construi canale de fum înclinate cu cel mult 30° față de verticală, cu condiția ca fețele interioare să fie netede (fără trepte), iar în proiecție orizontală, devierea canalelor să nu depășească 1 m pe întreaga lungime de racordare. La un canal se poate face o singură deviere.

Coșurile de fum pot fi cu canale simple (independente) sau cu canal colector (fig. 11.77).

La coșurile cu canal colector, înălțimea activă de tiraj la un anumit nivel al clădirii se consideră egală cu media aritmetică a înălțimilor de tiraj ale tuturor focarelor racordate la colector, luate de sus în jos la nivelul respectiv:

$$H = \frac{H_1 + H_2 + \dots + H_n}{n}. \quad (11.10)$$

Secțiunea canalelor poate fi circulară sau rectangulară cu raportul laturilor de cel mult 1,5 și trebuie să fie constantă pe întreaga înălțime.

Secțiunile libere ale canalelor și numărul admisibil de racorduri la același canal se stabilesc în funcție de încărcarea termică nominală totală a focarelor racordate.

Amplasarea coșurilor se face de obicei, în interiorul clădirii, grupîndu-se mai multe canale la un singur coș.

Coșurile pot fi înglobate în pereții construcției sau pot fi izolate. Cele înglobate vor fi amplasate pe

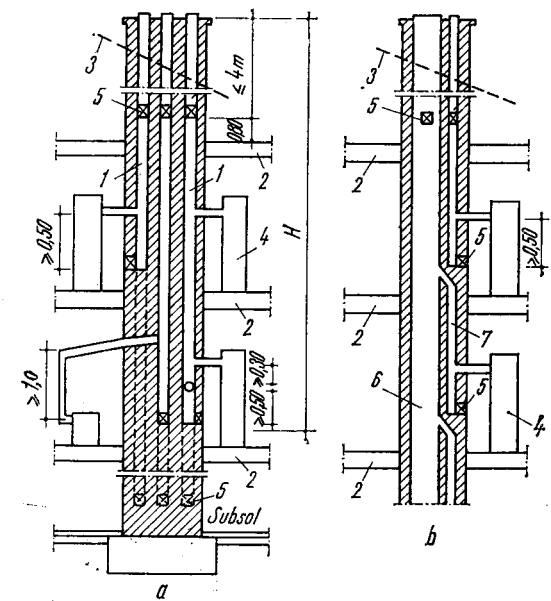


Fig. 11.77. Tipuri de coșuri de fum: a — cu canale simple (independente); b — cu canal colector; 1 — canal simplu; 2 — planșeu; 3 — acoperiș; 4 — sobă; 5 — ușiță de curățire; 6 — canal colector; 7 — canal secundar de racord.

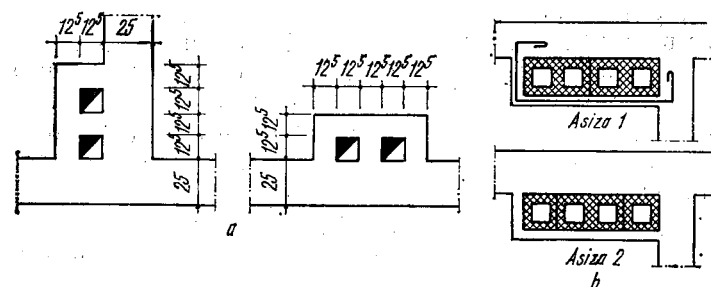


Fig. 11.78. Realizarea coșurilor de fum:
a - din zidărie de cărămidă; b - din elemente prefabricate de beton.

cît posibil în pereții neportanți. Amplasarea coșurilor în pereții portanți și de contravîntuire se va face astfel încît să nu influențeze negativ comportarea mecanică a acestora. În nici un caz nu vor fi amplasate în încrucișările acestor pereți, ci numai alăturate, avînd asigurată stabilitatea prin țesere sau, la cele din elemente prefabricate, prin ancorare cu brățări sau alte mijloace constructive (fig. 11.78). Coșurile din blocuri prefabricate și din elemente cu dilatări mari la variații de temperatură se execută fără țesere în zidăria curentă.

În interiorul clădirii, pereții exteriori ai coșurilor din zidărie de cărămidă trebuie să aibă o grosime de cel puțin 11,5 cm, iar ai celor din elemente prefabricate de cel puțin 10 cm. În cazul cînd aceste elemente au o grosime mai mică, ele vor fi înglobate de jur împrejur în zidărie sau căptușite cu un material termoizolant, incombustibil, cu eficiență termică echivalentă.

Nu se admit canale de fum în pereții exteriori decît cu o protecție termică suplimentară, de exemplu, cu îngroșarea pereților expuși ai canalelor din zidărie de cărămidă la 24 cm sau cu intercalarea unui strat termoizolant incombustibil, cu eficiență termică echivalentă.

Coșurile trebuie amplasate în partea mai înaltă a acoperișului; se are astfel în vedere atît reducerea pierderilor de căldură cît și evitarea zonelor în care se formează curenți de aer defavorabili care ar putea inversa tirajul. La amplasarea în plan orizontal, se vor evita coamele, crestele, doliile (eventual și căpriorii), deoarece altfel se creează discontinuități în elementele structurii de rezistență ale acoperișului. Coșurile se vor amplasa cu latura lungă paralelă cu linia de cea mai mare pantă a acoperișului, pentru a expune latura mică apelor de precipitații care curg pe acoperiș (fig. 11.79).

Înălțimile minime ale coșurilor deasupra acoperișurilor sînt date în figura 11.80.

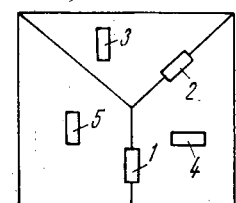
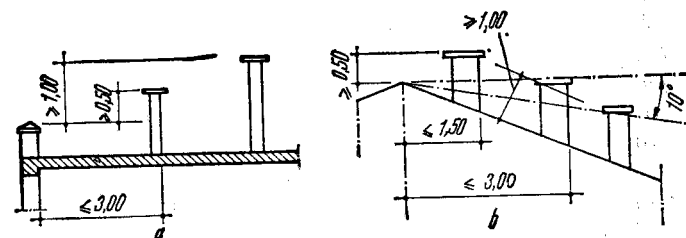


Fig. 11.79. Amplasarea coșurilor pe acoperiș:
1; 2 - poziții defavorabile deoarece întrerup coamele acoperișului; 3; 4 - poziții favorabile deoarece permit scurgerea apelor pe acoperiș; 5 - poziție defavorabilă deoarece împiedică scurgerea apelor pe acoperiș.

Fig. 11.80. Înălțimea coșurilor peste acoperișuri:

a - la acoperișurile terasă; b - la acoperișurile cu pantă mare.



Pentru zidăria canalelor de fum vor fi folosite materiale rezistente la acțiunea gazelor de combustie și a căldurii; se folosesc cărămidzi pline din argilă arsă, fiind interzisă utilizarea cărămidzilor sau blocurilor poroase sau cu găuri.

Pentru a se obține suprafețe interioare netede și etanșe, canalele se tencuiesc sau se căptușesc cu olane sau cu corpuri ceramice odată cu execuția zidăriei coșului, asigurîndu-se o umplere bună cu mortar a mufelor și a spațiului dintre zidărie și olane (fig. 11.81).

Pentru realizarea coșurilor se pot folosi și elemente prefabricate din beton cu unu sau mai multe canale, rezistente la acțiunea corosivă a fumului și a gazelor de ardere, folosind ciment metalurgic (fig. 11.82). Conlucrarea blocurilor prefabricate se realizează cu ajutorul armăturilor, etrierilor și a betonului de monolitizare.

Piesele din lemn sau din alt material combustibil, precum și grinzile metalice din planșee vor fi separate de canalul de fum al coșului printr-o grosime de zidărie plină de cel puțin o cărămidă. În acest scop, la traversarea planșeeilor se va face o îngroșare a zidăriei sau se va adăuga o centură din beton armat (fig. 11.83, a, b). Piesele de lemn ale șarpantei vor fi separate de canalul de fum printr-o grosime de zidărie plină de minimum 1/2 cărămidă, lăsînd și un

spațiu de aer de 10 cm pînă la tencuiala coșului (fig. 11.83, c).

Este interzisă rezemarea pe zidăria coșului a grinzilor planșeeilor și șarpantelor. Grinzile din dreptul coșurilor se vor descărca pe grinzile vecine prin intermediul unor juguri (fig. 11.83, d).

La coșurile înalte, trebuie asigurată stabilitatea deasupra ultimului planșeu

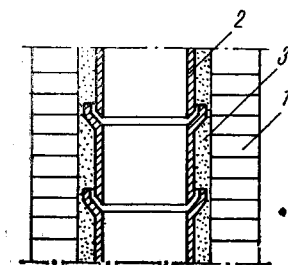


Fig. 11.81. Căptușirea coșurilor cu olane:
1 - zidărie; 2 - olane cu mufă; 3 - mortar.

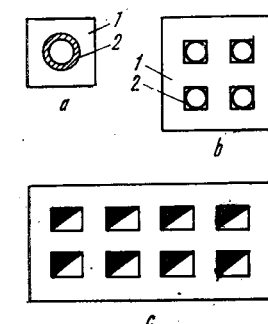


Fig. 11.82. Elemente prefabricate pentru coșuri:

a - element prefabricat cu un singur canal realizat din bloc de beton și olană ceramică înglobată; b - element prefabricat cu patru canale, realizat din bloc de beton și olană ceramică înglobată; c - element prefabricat cu opt canale; 1 - bloc de beton; 2 - olană ceramică.

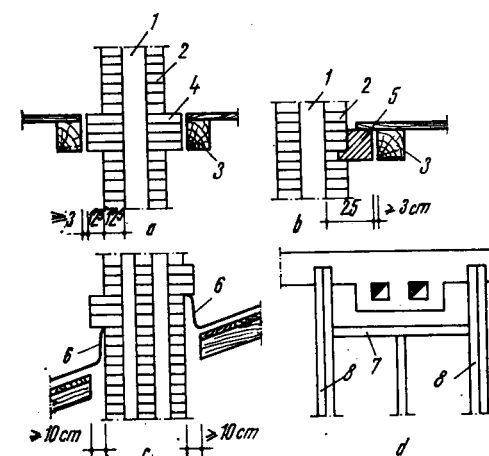


Fig. 11.83. Măsuri constructive pentru prevenirea incendiilor la coșurile de fum:

a; b - la traversarea unui planșeu din lemn; c - la traversarea acoperișului; d - întreruperea căpriorilor sau a grinzilor de planșeu în dreptul coșului; 1 - canal de fum; 2 - zidăria coșului; 3 - grindă din lemn, paralelă cu secțiunea coșului; 4 - îngroșarea zidăriei coșului la o cărămidă grosime; 5 - centură din beton armat; 6 - sort din tablă; 7 - jug; 8 - grindă dublă.

care se realizează prin îngroșarea pereților exteriori la 24 cm, prin armare longitudinală sau prin ancore și legături de oțel fixate de planșeu sau de pereții portanți.

Coșurile vor avea o acoperire rezistentă la intemperii. Eventualele căciuli de protecție sau alte coronamente, folosite la activarea tirajului, trebuie să fie bine fixate și să nu stînjenească curățirea canalelor de fum.

11.7.5.2. Canale de ventilație. Canalele de ventilație și în general ventilațiile se realizează pentru evacuarea aerului interior și a vaporilor de apă din bucătării, băi sau alte încăperi, pentru a asigura o compoziție corespunzătoare a aerului interior și condiții de microclimat admisibile unei exploatări normale. Dispunerea ventilațiilor este obligatorie la încăperile fără ferestre și acolo unde au loc degajări de gaze nocive (garaje, ateliere, vopsitorii), la încăperi încălzite cu gaze etc.

Ca principiu de funcționare și în ceea ce privește unele detalii constructive, canalele de ventilație au multe aspecte comune cu cele prezentate la coșurile de fum. Aceasta se explică și prin faptul că tirajul se realizează în parte tot ca urmare a diferențelor de temperatură, care sînt mai mici, deoarece nu are loc un proces de ardere.

Canalele de ventilare se pot concepe sub formă de canale individuale (izolate sau grupate) sau cu canal colector și sînt realizate din zidărie de cărămidă sau din elemente prefabricate de beton.

Canalele individuale pot ieși deasupra învelitorii sau pot fi oprite în pod și colectate la un deflector ce se ridică deasupra acoperișului. Dacă sînt înalte, se pune problema stabilității lor, la fel ca și la coșurile de fum.

Se admite gruparea canalelor de fum cu canale de ventilare, cu condiția ca diafragmele ce le separă să fie etanșe și să aibă grosimea de cel puțin 11,5 cm la coșurile de zidărie, respectiv de 6 cm la cele din blocuri speciale prefabricate.

Pentru ca primenirea aerului viciat să poată avea loc, aerul ce iese trebuie înlocuit cu altul proaspăt. În cazul încăperilor de mică importanță și cu uși neetanșe (de exemplu, cămări, debarale etc.) se poate admite că pătrunderea aerului exterior se face prin rosturile ușilor. În cazul încăperilor mai importante, cu uși suficient de etanșe sau la cele cu degajări nocive, se vor prevedea căi speciale pentru admisia aerului exterior.

11.8. ROSTURI DE SEPARAȚIE

Ca definiție în sens larg, rostul reprezintă orice interval dintre două elemente mai mici sau mai mari, două tronsoane sau două părți de clădire.

În raport cu funcțiunea principală îndeplinită (de întrerupere sau de asigurare totală sau parțială a continuității mecanice) și cu rigiditatea legăturii pe care o asigură, rosturile pot fi de continuitate sau de separație.

Rosturile de continuitate (rigide sau elastice) au funcțiunea de a asigura legătura mecanică a elementelor adiacente (pietrele în zidărie, legătura pereților cu planșeele, îmbinări la panourile mari etc.), în timp ce **rosturile de separație** sau **de deformare** au funcțiunea de întrerupere a continuității mecanice.

Se pot distinge următoarele tipuri de rosturi de separație:

- rosturi de dilatație și contracție;
- rosturi de tasare;
- rosturi antiseismice;
- rosturi care împiedică transmisia zgomotelor.

Eliminînd legăturile prin care se transmit eforturi, rosturile de separație permit libertatea de deformare a structurilor adiacente. Dispuse în mod judicios de către proiectant, astfel de rosturi limitează la valori acceptabile eforturile suplimentare cu care se încarcă elementele structurale la variații de temperatură și umiditate, la acțiuni seismice, la tasări inegale etc.

11.8.1. ROSTURI DE DILATAȚIE-CONTRAȚIE

Aceste rosturi se prevăd pentru micșorarea eforturilor provocate de variațiile de temperatură și umiditate.

Aprecierea deschiderii rosturilor și a distanței la care se amplasează se face calculînd deformăția:

$$\Delta l = \alpha_l \Delta t \frac{l}{k}, \quad (11.11)$$

în care α_l este coeficientul de dilatare termică liniară;

l — lungimea pentru care se calculează Δl ;

Δt — diferența de temperatură care poate acționa;

k — coeficient ce depinde de rigiditatea clădirii: la clădiri cu pereți din beton și zidărie, datorită rigidității mari, $k = 1$ iar la alte tipuri de clădiri mai elastice, k poate avea valori cuprinse între 1 și 1,5.

În literatura tehnică sînt indicate distanțele maxime între rosturile de dilatație-contracție. Acestea trebuie considerate ca recomandări și nu ca reguli obligatorii, avînd în vedere diversitatea factorilor care intervin: conlucrarea cu pereți dispuși pe cealaltă direcție, cu planșeele, cu fundațiile; folosirea mai multor materiale; execuția monolită sau prefabricată; expunerea diferită față de punctele cardinale etc.

Rosturile de dilatație-contracție întrerup continuitatea tuturor elementelor (structurale și nestructurale) pe întreaga înălțime a construcției, exceptînd fundațiile, care nu se întrerup. Constructiv, se pot realiza prin dublarea elementelor portante, prin șicanarea pereților verticali, prin rezemări pe console etc. (fig. 11.84).

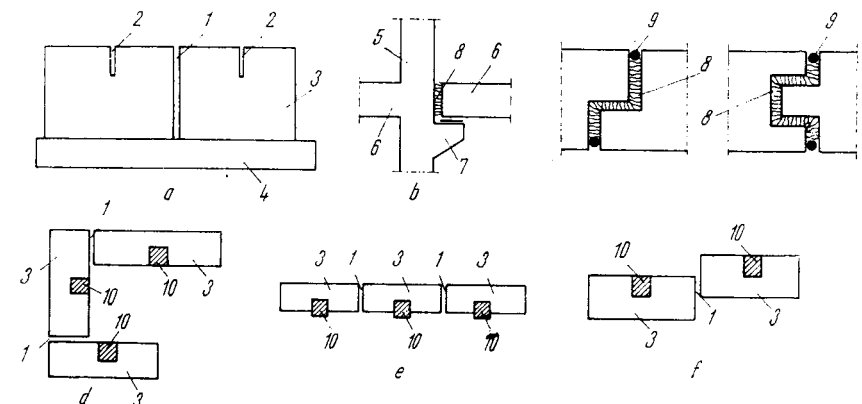


Fig. 11.84. Rosturi de dilatație-contracție:

a — realizate prin dublarea elementelor portante verticale; b — realizate cu consolă; c — realizate prin șicanarea pereților verticali; d, e, f — împărțirea clădirilor în tronsoane prin rosturi de dilatație-contracție; 1 — rost de dilatație-contracție; 2 — rost secundar pentru nivelurile superioare; 3 — tronson de clădire; 4 — fundație; 5 — stîlp; 6 — riglă; 7 — consolă; 8 — material elastic; 9 — material de etanșare; 10 — casa scării.

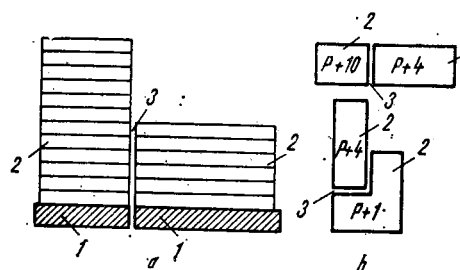


Fig. 11.85. Dispunerea rosturilor de tasare la clădiri cu înălțimi diferite :
a - elevație; b - plan; 1 - fundație; 2 - tronson de clădire; 3 - rost de tasare.

Lățimea rosturilor se poate determina punând condiția ca deplasările elementelor adiacente să nu fie împiedicate. În mod obișnuit, la construcțiile civile ele variază între 10 și 30 mm. La construcțiile cu pericol mare de incendiu, rosturile trebuie să aibă o lățime de cel puțin 50 mm.

În ceea ce privește poziția în plan, se recomandă ca rosturile de dilatație-contrație să se amplaseze în zonele de concentrare a eforturilor din temperatură, respectiv în zonele în care se modifică forma în plan a clădirilor și unde apar schimbări bruște de secțiune, de materiale sau de structură.

Pentru fațadele mai puțin protejate, expuse la înșoriri puternice, se recomandă introducerea unor rosturi parțiale suplimentare (la etajele superioare, la cornișe sau balcoane lungi, la planșee terasă etc.).

11.8.2. ROSTURI DE TASARE

Rosturile de tasare se prevăd pentru a reduce eforturile suplimentare produse de tasări diferite sau de rotiri ale fundațiilor, cauzate de :

- natura și stratificația variabilă a terenului;
- executarea unei clădiri noi lângă o clădire existentă la care au fost consumate tasările terenului de fundație;
- executarea unor clădiri având părți sau tronsoane cu încărcări diferite sau de înălțimi diferite.

În general, nu există indicații în ceea ce privește distanța maximă dintre rosturile de tasare (totuși, pentru panouri mari se recomandă 40 m și lățimea minimă a rostului de 4 cm), ci indicații cu privire la poziția lor în plan (fig. 11.85).

Rosturile de tasare întrerup continuitatea tuturor elementelor (structurale și nestructurale) pe întreaga înălțime a construcției, inclusiv a fundațiilor, ceea ce permite tasarea independentă a părților de clădire adiacente. Constructiv, ele se realizează prin dublarea elementelor portante, prin șicanarea pereților verticali etc.

Trebuie subliniat faptul că rosturile de tasare realizează implicit și funcția rosturilor de dilatație-contrație, însă rosturile de dilatație-contrație nupot realiza funcția rosturilor de tasare din cauza continuității fundației.

11.8.3. ROSTURI ANTISEISMICE

Prevederea rosturilor antiseismice se recomandă în următoarele cazuri :

- la construcții cu disimetrii pronunțate, rezultate din forma în plan sau din prezența unor corpuri de înălțimi diferite, pentru evitarea defectelor defavorabile de torsiune generală;

— la construcțiile formate din corpuri cu înălțimi sau rigidități mult diferite, pentru a permite vibrația independentă a acestor corpuri, în scopul evitării apariției unor forțe tăietoare importante în zonele de legătură dintre corpuri;

— la construcțiile fondate pe terenuri cu caracteristici fizico-mecanice diferite.

În afara cazurilor de mai sus, se va evita fragmentarea construcției prin rosturi antiseismice pentru a nu se pierde avantajul conlucrării de ansamblu a structurii.

Rosturile antiseismice vor fi dispuse astfel încât să coincidă, pe cât posibil, cu rosturile de dilatare sau de tasare, iar la construcțiile cu subsoluri parțiale, să corespundă cu secțiunile de separație între zonele cu și fără subsol. Ele trebuie să asigure o separare completă între suprastructurile corpurilor de construcție, iar atunci când este cazul și o separare a fundațiilor. Rosturile antiseismice se realizează prin dublarea elementelor verticale portante; nu se admit rosturi realizate prin rezemări pe console.

11.8.4. RECOMANDĂRI GENERALE PENTRU ROSTURILE DE SEPARAȚIE

Pentru rosturile de separație sînt valabile următoarele recomandări generale :

— să fie cât mai puțin vizibile din exterior și interior, de aceea se așază în mod obișnuit în dreptul unor colțuri intrinse ale clădirii sau în dreptul pereților despărțitori pentru a putea fi mascate ușor;

— se recomandă umplerea rosturilor cu materiale elastice și ușor compresibile (uneori și pentru izolare termică și fonică); se folosește vată minerală, vată de sticlă, spume de rășini sintetice, cilti etc. În felul acesta se evită umplerea rosturilor cu mortar, spărturi de cărămidă etc., în timpul execuției clădirii;

— spre exterior se acoperă cu profiluri de tablă (zincată, de cupru sau aluminiu) sau materiale plastice, care sînt estetice și au rol de barieră contra ploii (fig. 11.86).

Probleme mai dificile apar la rezolvarea rosturilor de separație de la subsol, mai ales în cazurile când acestea se găsesc sub nivelul apei subterane.

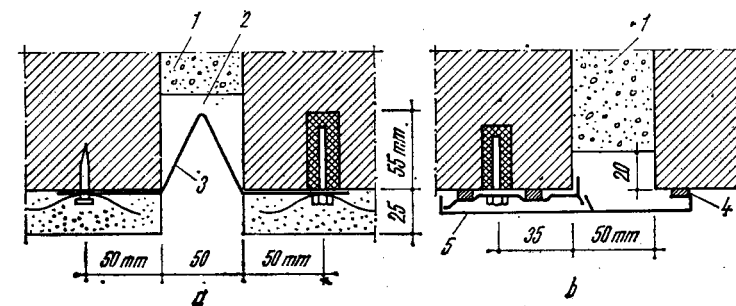


Fig. 11.86. Detalii de etanșare a rosturilor :

a - prin acoperire cu profiluri din tablă zincată; b - prin acoperire cu profiluri din aluminiu extrudat; 1 - strat de polistiren celular ignifugat; 2 - spațiu pentru decompresiune; 3 - profil din tablă zincată; 4 - garnitură de cauciuc; 5 - profil din aluminiu extrudat.

11.9. DETALII DE PEREȚI

La realizarea pereților se prevăd socluri, solbancuri, ancadramente, briie etc. cu rol estetic și funcțional.

11.9.1. SOCLURI

Soclul reprezintă partea inferioară a pereților exteriori, situată deasupra terenului natural sau a trotuarului.

Datorită poziției sale, soclul este partea cea mai expusă a peretelui, asupra lui acționând :

- încărcările verticale ale suprastructurii clădirii;
- loviri accidentale;
- intemperii (ploaie, zăpadă);
- tendința de migrare a apei (de la exterior spre interior în faza lichidă și invers în faza de vapori);
- împingerea pământului.

Înălțimea soclurilor rezultă, în mod obișnuit, din rezolvarea cotei zero a clădirii. Uneori, din motive estetice, înălțimea poate fi mai mare, iar la clădiri monumentale se poate dezvolta pe înălțimea parterului sau chiar mai mult. În raport cu planul fațadei, soclul poate avea pozițiile indicate în figura 11.87.

Pentru a preveni infiltrațiile din ploi și staționarea zăpezii, este bine ca soclul să fie retras, deoarece în acest fel apa se scurge în jos sub formă de picături. Dacă soclul este ieșit în exterior, se recomandă realizarea lui înclinată sau acoperirea cu șorț de tablă.

Materialele utilizate pentru socluri, mai ales cele pentru stratul exterior, trebuie să satisfacă condiții de duritate, impermeabilitate și rezistență la umiditate și la îngheț-dezgheț.

În ceea ce privește realizarea soclului, se disting două situații :

- clădiri cu subsol, la care soclul reprezintă, în mod obișnuit, o continuare a pereților exteriori ai subsolului deasupra terenului natural;
- clădiri fără subsol, la care soclul reprezintă porțiunea de perete cuprinsă între terenul natural și cota zero a clădirii.

Stratul exterior al soclurilor poate fi realizat din :

- piatră naturală care poate fi paramentul unei zidării în strat unic din piatră naturală prelucrată, zidărie mixtă având stratul de piatră naturală la exterior sau placaj realizat din dale de piatră naturală.

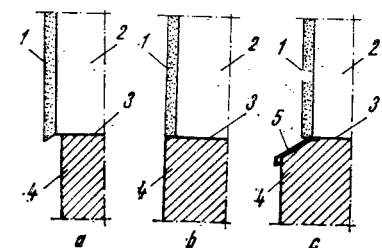


Fig. 11.87. Poziția soclului în raport cu planul fațadei :

a - retras; b - în același plan; c - proeminent; 1 - tencuială exterioră; 2 - perete; 3 - izolație hidrofugă; 4 - soclu; 5 - șorț din tablă.

- exterior sau placaj realizat din dale de piatră naturală. Paramentul poate fi prelucrat în diverse forme, realizând un aspect plăcut;
- zidărie aparentă; se poate realiza din zidărie având la exterior cărămizi aparente (presate, clincherizate) sau prin placare cu cărămizi aparente de fațadă;
- tencuială obișnuită sau decorativă din mortar de ciment colorat sau mozaic;
- beton monolit aparent;
- placaje din dale prefabricate de mozaic sau beton mozaicat.

Din cauza complicațiilor pe care le prezintă la execuție soclurile tencuite, tendința este de

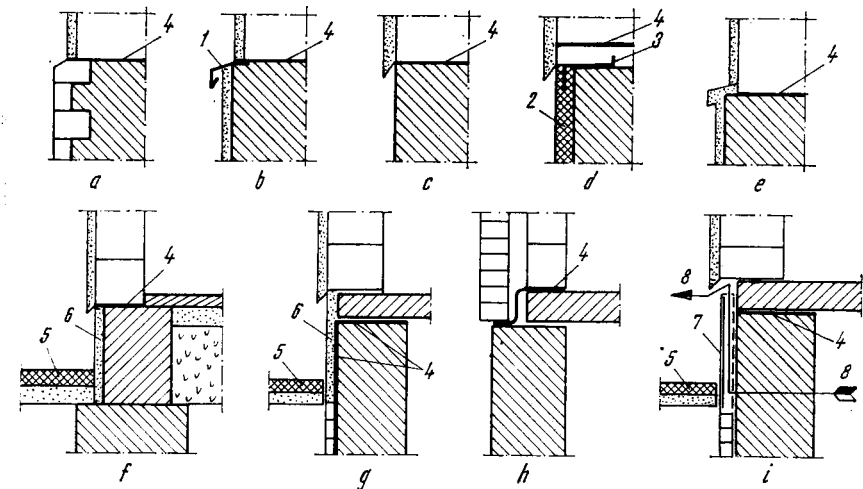


Fig. 11.88. Exemple de realizare a soclurilor :

a - din piatră naturală; b - tencuit și protejat la partea superioară cu șorț din tablă; c - din beton aparent; d - din dale prefabricate; e - din mozaic frecat și lustruit; f - din tencuială hidrofugă; g - din beton aparent realizat retras față de planul fațadei; h - cu strat de difuzie a vaporilor; i - șorț de tablă; 2 - dală prefabricată; 3 - ancoră metalică; 4 - izolație hidrofugă; 5 - trotuar; 6 - tencuială hidrofugă; 7 - plăci ondulate de azbociment; 8 - circulația vaporilor de apă.

a le realiza din beton aparent sau de a le acoperi cu placaj. Astfel, se recomandă placaje cu plăci de mozaic de marmură prefabricate cu înălțimea egală cu cea a soclului și grosimea de 3 cm, care se fixează cu mortar de ciment și cu agrafe metalice.

În figura 11.88 se prezintă câteva exemple de realizare a soclurilor.

11.9.2. SOLBANCURI

Solbancul reprezintă elementul orizontal amplasat la partea de jos a golurilor de ferestre, proeminent spre exterior, în raport cu planul fațadei (v. fig. 11.58, a).

Solbancurile îndeplinesc diverse funcții :

- au rol decorativ în plastica fațadelor;
- au rol de protecție a fațadei prin captarea și îndepărtarea apelor pluviale care se scurg pe suprafața exterioară a ferestrelor;
- au rol mecanic, evitând fisurile produse prin forfecare la partea inferioară a golurilor.

Solbancurile se pot realiza din zidărie de cărămidă, de piatră naturală prelucrată, din beton simplu sau din beton armat (fig. 11.89).

Fiind expuse intemperiiilor mediului exterior (ploaie, zăpadă), radiației solare, acțiunii înghețului și dezghețului repetat etc., solbancurile trebuie să aibă o durabilitate mare în timp, pentru evitarea unor avarii ale fațadelor. De aceea, se va evita tencuirea solbancurilor după montarea lor. Se recomandă folosirea unor solbancuri prefabricate, gata finisate pe fețele vizibile, în special cu mozaicuri frecate și lustruite, cu tencuieli realizate cu praf de piatră sau acoperirea cu șorțuri de tablă.

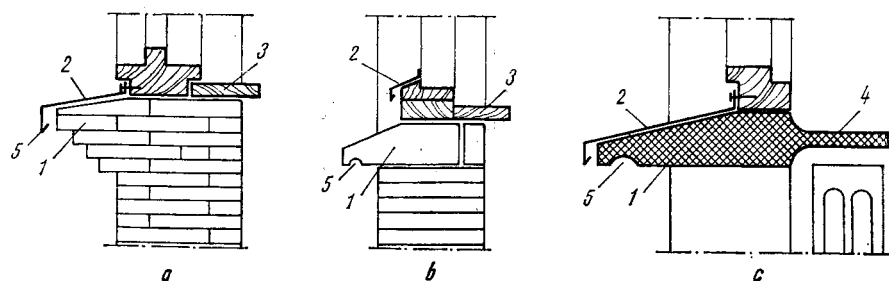


Fig. 11.89. Exemple de realizare a solbancurilor:

a - din zidărie de cărămidă; b - din piatră naturală sau beton; c - din prefabricate de beton armat; 1 - solbanc; 2 - sort din tablă; 3 - glaf din lemn; 4 - glaf prefabricat realizat împreună cu solbancul; 5 - lăcrimar.

Îndepărtarea în exterior a apelor se face cu ajutorul lăcrimarului. În cazul pereților din beton armat (turnați monolit sau din panouri mari), dacă cerințele de plastică a fațadei sînt mai puțin pretențioase, se poate renunța la solbanc, rolul de îndepărtare a apei fiind realizat de un sort de tablă (v. fig. 11.58,b).

La execuția solbancurilor se va urmări realizarea etanșeității sau prevederea unor lăcrimare la timplărie, pentru evitarea pătrunderii apei în interior.

11.9.3. ANCADRAMENTE

Ancadramentele reprezintă elemente decorative și de protecție ce se dispun în jurul golurilor de ferestre sau uși, fiind proeminente în raport cu suprafața peretelui. Se pot realiza din zidărie de cărămidă sau din elemente prefabricate din piatră sau beton armat (fig. 11.90).

Ancadramentele prefabricate au o serie de avantaje:

- se finisează înainte de montare;
- simplifică operațiile de realizare a golurilor la pereții de zidărie, avînd rolul de șabloane;
- dacă ancadramentul este realizat dintr-un singur element (cadru), se poate îngloba timplăria la turnarea lui;
- elementele orizontale (traversele) pot îndeplini și funcțiile de solbanc, respectiv buiandrug, dacă sînt alcătuite și armate corespunzător.

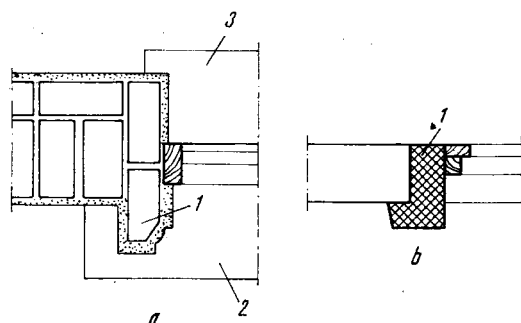


Fig. 11.90. Secțiuni orizontale prin ancadramente: a - din zidărie; b - din beton prefabricat; 1 - montantul ancadramentului; 2 - solbanc; 3 - glaf.

11.9.4. BRIIE

Briile reprezintă cornișe intermediare dispuse la diferite înălțimi, obișnuit în dreptul planșeelor (v. fig. 11.64). Realizînd o delimitare a fațadei în fișii orizontale, briile au rol estetic, însă ele au și rol de protecție, colectînd și îndepărtînd apele pluviale ajunse pe paramentul exterior al pereților. Fiînd expuse acțiunii directe a mediului exterior, trebuie să fie realizate

din materiale rezistente: zidărie tencuită, piatră naturală rezistentă sau beton (fig. 11.91).

Forma briilor trebuie astfel proiectată încît să nu rețină apele din ploi sau din topirea zăpezii; cînd sînt ieșite cu mai mult de 3 cm din planul peretelui vor fi prevăzute la marginea exterioară sau dedesubt cu lăcrimare.

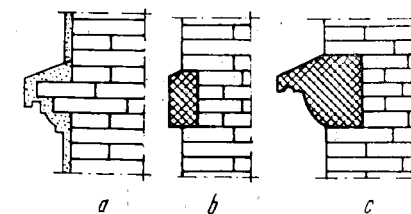


Fig. 11.91. Exemple de briie: a - din zidărie tencuită; b; c - din piatră naturală sau beton.

Capitolul 12

PLANȘEE

12.1. GENERALITĂȚI

12.1.1. DEFINIȚIE. SCURT ISTORIC

Planșeele sînt elementele de construcție orizontale care compartimentează volumul clădirii pe verticală în etaje (niveluri) și o închid la partea superioară.

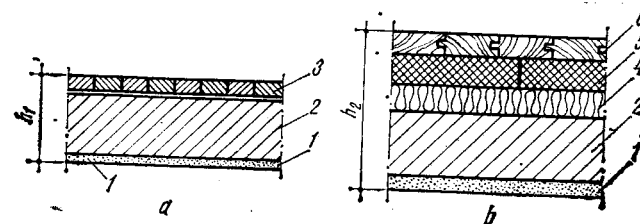
Cea mai simplă structură de planșeu este alcătuită din trei părți: pardoseala, planșeul brut și tavanul (fig. 12.1, a). Pardoseala și tavanul sînt necesare din cerințe de finisaj, de confort și de exploatare a clădirii. Planșeul brut asigură cerințele de rezistență și rigiditate atît pentru planșeul considerat ca element de construcție, cît și ca parte integrantă din structura de rezistență a clădirii. Planșeele brute constituie elementele orizontale de rezistență ale clădirii, iar prin conlucrarea cu elementele verticale de rezistență (pereți, stîlpi) alcătuiesc structura clădirii.

Evoluția sistemelor constructive ale planșeelor brute a fost condiționată, în principal, de evoluția producției materialelor de construcții. Astfel, primele planșee au fost realizate din grinzi alăturate din lemn rotund sau cioplit. După prelucrarea mecanică a lemnului sub formă de cherestea, sistemele constructive s-au diversificat mult, în principal prin sistemul constructiv realizat din grinzi și podină de rezistență.

În paralel cu evoluția planșeelor din lemn, au evoluat și planșeele din zidărie, la început cele din piatră fasonată, apoi cele din cărămidă. Primele planșee din zidărie s-au realizat sub formă de bolți simple cu deschideri mici la clădirile de locuit, apoi progresiv evoluția se termină cu bolțile și cupolele cu deschideri

Fig. 12.1. Alcătuiiri constructive de planșee:

a - ecran acustic simplu; b - ecran acustic dublu, cu pardoseală flotantă; 1 - finisaj tavan (tencuială, zugrăveală); 2 - planșeu brut, placă din beton armat inclusiv stratul de nivelare de la partea superioară; 3 - finisaj superior, pardoseală din parchet lamelar lipit; 4 - strat elastic fonoizolant, din plăci semirigide de vată minerală, polistiren expandat etc.; 5 - strat rigid, suport al pardoselii, din plăci de beton alab armat, din fibrobeton etc.; 6 - parchet lambă și uluc.



mari și cu forme geometrice foarte variate (bolți încrucișate, gotice, în stea sau cu nervuri, cupole sferice, bizantine etc.) la clădirile monumentale.

Fabricarea laminatelor din oțel, apoi descoperirea betonului armat, concomitent cu perfecționarea calculului elementelor și structurilor de rezistență a construcțiilor a condus la evoluția rapidă a sistemelor constructive de planșee ca geometrie, deschideri și structuri de rezistență.

În prezent, betonul ușor, betonul precomprimat, produsele din tablă ambutisată, cele ceramice cu pereți subțiri sau din mase plastice armate etc., asigură condițiile unei continue evoluții a sistemelor constructive de planșee, urmărindu-se, în principal, reducerea greutateii proprii, industrializarea execuției și eficiența tehnico-economică prin condiționare cu asigurarea rezistenței și rigidității planșeului și a structurii portante a clădirii în ansamblul ei.

Planșeele pot fi alcătuite din punctul de vedere al izolării fonice sub forma unui ecran acustic simplu sau a unui ecran acustic multiplu. Planșeul ca *ecran acustic simplu* poate fi constituit dintr-un singur strat sau din mai multe straturi legate rigid între ele, alcătuiind astfel ecranul acustic simplu (fig. 12.1, a) care respectă legea masei stabilită de B e r g e r. Cerințele ridicate de confort fonic, precum și dezvoltarea clădirilor pe înălțime, la care se impune folosirea planșeelor ușoare, au determinat realizarea lor sub formă de:

- *ecrane acustice duble*, care pot avea ori pardoseli flotante (fig. 12.1, b), ori tavane suspendate fixate cu legături elastice sub planșeul brut;

- *ecrane acustice triple*, alcătuite din pardoseală flotantă și din tavane suspendate fixate elastic de planșeul brut și pereții alăturați.

12.1.2. CONDIȚII TEHNICE LA PLANȘEE

12.1.2.1. Condiții capitale. Aceste condiții se referă la durabilitatea și rezistența la foc a planșeelor. Durabilitatea necesară planșeului se stabilește în funcție de durata de exploatare a clădirii și se asigură prin alegerea tipului de planșeu (structură, alcătuire, materiale, protecție, finisaj), în funcție de modul de acțiune și gradul de agresivitate a mediilor care vin în contact cu planșeul pe parcursul exploatarei.

Gradul de rezistență la foc a planșeelor se precizează prin normativul P.C.I., în funcție de categoria clădirii și de alcătuirea constructivă a planșeului. Pentru structurile de planșee care nu se pot încadra în precizările N.P.C.I. este necesară determinarea experimentală, în condiții de laborator a gradului de rezistență la foc.

Durabilitatea și rezistența la foc a planșeelor se asigură prin alegerea judicioasă a tipului de planșeu brut cît și prin eficiența tehnico-economică a gradului de protejare și finisare a planșeului. De exemplu: pentru gradul I de durabilitate (peste 100 ani) a clădirii, gradul de rezistență la foc prescris pentru planșee este I (categoria incombustibil cu durata minimă 1 h 30'). În acest caz, planșeele din fișii cu goluri, de beton armat prefabricat, cu tencuială de 1 cm la partea inferioară, asigură gradul I de durabilitate, categoria incombustibil și limita de rezistență la foc de 2 h.

12.1.2.2. Condiții mecanice. Se referă la comportarea mecanică a planșeului, astfel ca pe parcursul exploatarei clădirii să nu fie depășite stările limită ultime (rezistență, oboseală, stabilitate), stările limită ale exploatarei normale (deformații, apariția și deschiderea fisurilor) pentru planșeu și stările limită ale structurii clădirii în ansamblu (stabilitate, siguranță).

12.1.2.3. Condiții fizice și igienice de exploatare. Aceste condiții se referă la comportarea planșeului din punctul de vedere al capacității de izolare fonică (la zgomot aerian și de impact), termică, hidrofugă și a igienei finisajului planșeului (pardoseală, tavan), la nivelul cerut de destinația clădirii și a gradului ei de confort.

12.1.2.4. Condiții economico-organizatorice. Se referă la consumurile specifice de materiale și manoperă, indicii de costuri, gradul de modular și tipizare, gradul de prefabricare, durata și productivitatea execuției, dotarea necesară pe șantier și la lucrările de organizare cerute de realizarea planșeelor unei clădiri. Un planșeu este eficient economic atunci cînd necesită consumuri minime de materiale, are greutate proprie redusă și execuție simplă și rapidă.

12.1.3. CLASIFICAREA PLANȘEELOR

Clasificarea planșeelor se poate face după mai multe criterii:

- *după funcțiunea și poziția lor în construcție*, pot fi: planșee terasă, planșee la nivelurile curente, planșee peste subsoluri, planșee carosabile și planșee speciale (duble cu spațiu tehnic, terasă cu pistă pentru elicoptere etc.);

- *după materialele utilizate*, planșeele se clasifică în: planșee din lemn, din zidărie, din metal, din beton armat și planșee realizate din mai multe materiale (combinat, mixte etc.);

- *după forma geometrică a tavanului*, se deosebesc: planșee curbe (bolți, cupole), planșee plane, planșee cu nervuri, planșee cu rețele de grinzi etc.;

- *după sistemul de susținere*, pot fi: planșee pe pereți de rezistență, planșee pe cadre, planșee pe stâlpi, planșee suspendate etc.;

- *după alcătuirea constructivă*, pot fi: planșee din elemente identice (grinzi, fișii, semipanouri, panouri etc.) sau din elemente diferite (planșee din grinzi și elemente de umplutură din diverse materiale etc.);

- *după modul de execuție*, se pot realiza: planșee integral executate pe șantier, planșee parțial prefabricate și planșee integral prefabricate.

12.2. PLANȘEE DIN LEMN

Au în prezent un domeniu limitat de utilizare la construcții cu caracter turistic tradițional, clădiri de mică importanță amplasate în mediu rural și la anumite construcții provizorii.

Ca avantaje deosebite se pot menționa:

- au greutate proprie redusă;
- execuția lor este simplă;
- conferă posibilități largi de plastică arhitecturală tradițională a tavanului;
- asigură condiții bune de izolare termică și fonică;
- au o comportare bună în anumite medii agresive chimic etc.

Planșeele din lemn au însă importante dezavantaje, precum:

- durabilitate redusă;
- consumul de material lemnos este mare;
- întreținerea planșeelor în timp este costisitoare;
- rigiditatea la încărcări laterale este scăzută;
- săgețile din încovoiere sînt mari etc.

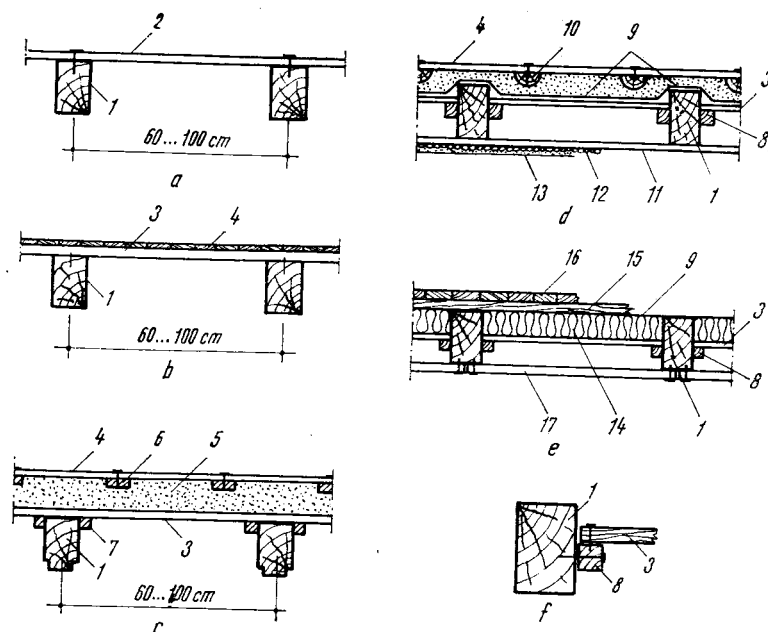


Fig. 12.2. Planșee din lemn:

a - cu grinzi aparente și pardoseală de rezistență și uzură din dulapi; b - cu grinzi aparente, podină de rezistență și pardoseală de uzură; c - cu grinzi aparente, podină de rezistență și pardoseală de uzură pe umplutură; d - cu grinzi mascate, podină de rezistență și pardoseală pe umplutură; e - cu grinzi și cu pardoseală și tavan montate direct pe grinzi; f - detaliu de fixarea pe grinzi a stratului suport al izolației; 1 - grindă; 2 - podină de rezistență și de uzură din dulapi; 3 - podină de rezistență; 4 - pardoseală de uzură din scinduri; 5 - umplutură pentru izolare, din materiale ușoare și uscate; 6 - grinzisoare; 7 - sipcă pentru ornament; 8 - sipcă sau riglă de susținere a podinei; 9 - hidroizolație; 10 - cusac; 11 - astereală din scinduri așezate distantat; 12 - covor din trestie legată cu sirmă galvanizată; 13 - tencuială; 14 - izolație termică și fonică din BCA, vată minerală etc.; 15 - strat suport al pardoselii; 16 - pardoseală, din parchet; 17 - tavan din plăci prefabricate finisate, din ipsos, PFL etc.

Planșeele din lemn sînt alcătuite din grinzi, podină de rezistență, elemente de umplutură cu rol de izolare și elemente de finisaj (pardoseală și tavan), deci sînt planșee realizate din elemente diferite, separate (fig. 12.2). La unele planșee din lemn, o parte din elementele componente (umplutură, finisaj) pot lipsi. Grinzile se pot executa cu secțiune plină sau compusă (tălpi, inimă și rigidizări verticale), din lemn lamelat încheiat, sub formă de grinzi cu zăbrele etc.

Pentru asigurarea durabilității elementelor din lemn, se poate face protecția lor cu substanțe ignifuge, antiseptice și hidrofuge. Capetele grinzilor de rezistență se asigură cu protecție suplimentară, se montează în locașuri dispuse în pereții portanți, prevăzute cu spații de aer ventilat de 3...4 cm grosime (fig. 12.3, a) iar grinzile paralele cu pereții se așază la o distanță de 3...4 cm (fig. 12.3, b) pentru a asigura uscarea lor și evitarea contactului cu peretele încă neuscat; comunicarea spațiului de aer cu exteriorul este necesară pentru evacuarea vaporilor de apă din zona de rezemare a grinzilor.

Rezemarea grinzilor pe pereții portanți necesită uneori măsuri constructive pentru repartizarea încărcărilor pe suprafețe mărite prin dispunerea unor tălpi

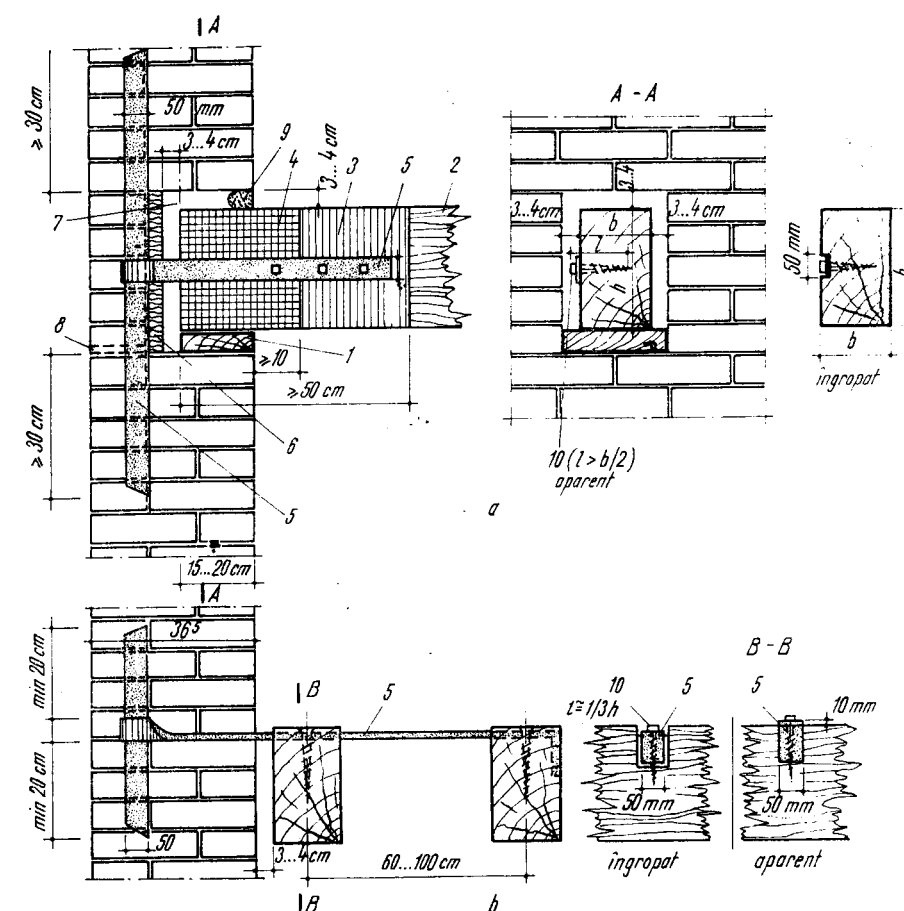


Fig. 12.3. Rezemarea și solidarizarea grinzilor din lemn pe pereții portanți exteriori, inclusiv măsurile de protecție și izolare:

a - rezemarea grinzilor pe pereți; b - solidarizarea grinzilor paralele cu pereții; 1 - talpă de rezemare din dulap de esență tare sau două straturi de carton bitumat, lipite cu bitum; 2 - grindă de rezistență; 3 - zona grinzii tratată cu antiseptice; 4 - zona grinzii izolată hidrofug; 5 - ancoră metalică din oțel lat 10 x 50 mm, montată aparent sau îngropat, numai la grinzile precizate prin proiect; 6 - izolare termică; 7 - gol de aer; 8 - gol pentru comunicare la exterior; 9 - dop din mortar cu aracet; 10 - șurub.

de repartizare (fig. 12.3, a) sau a unor centuri de beton armat, cît și măsuri constructive pentru conlucrarea pereților cu planșeul. Grinzile care reazemă pe pereții interiori de rezistență pot fi continue sau imbinat cap la cap.

Pentru alcătuirea constructivă a planșeului este necesar să se asigure conlucrarea grinzilor planșeului între ele pentru repartizarea (preluarea) mai favorabilă a încărcărilor concentrate și micșorarea săgeților din încovoiere, iar prin solidarizarea tuturor grinzilor de rezistență se asigură comportarea planșeului ca diafragmă cu oarecare rigiditate laterală. La planșeele cu grinzi amplasate după două direcții, se asigură, în general, o bună conlucrare și rigiditate. În cazul planșeelor cu grinzi dispuse după o singură direcție avînd deschideri și încărcări mari, sînt necesare, uneori, elemente speciale de rigidizare, dispuse constructiv sau rezultate din calcul (fig. 12.4). La calculul elementelor de rezistență ale planșeului, pe lîngă verificarea stării limită ultime a capacității por-

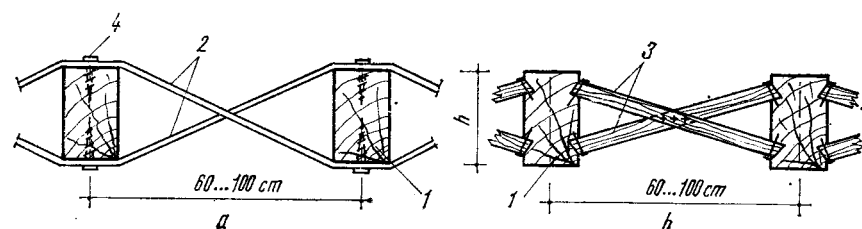


Fig. 12.4. Solidarizarea între ele a grinzilor de lemn :
a - cu piese metalice ; b - cu piese din lemn ; 1 - grinzi de rezistență ; 2 - diagonale din oțel lat ; 3 - diagonale din lemn, fixate în chertări și cuie ; 4 - șuruburi de fixare.

tante, este necesară verificarea săgeții maxime din încovoiere, care trebuie să fie inferioară săgeții limită prescrisă, de exemplu : săgeata grinzilor planșeelor curente, care suportă tencuiala plafonului, nu trebuie să depășească valoarea $l/350$, unde l este deschiderea de calcul a planșeului.

12.3. PLANȘEE DIN ZIDĂRIE DE CĂRĂMIDĂ

Planșeele din zidărie de cărămidă au în prezent un domeniu de utilizare foarte limitat (clădiri tradiționale, restaurări, anumite pasaje sau subsoluri cu plastică arhitecturală specifică) întrucât prezintă o serie de dezavantaje tehnico-economice, dintre care : au comportare slabă ca diafragme orizontale, dau împingeri mari din descărcarea bolților sau cupolelor, au costuri ridicate etc.

Elementul principal de rezistență al planșeului este bolta sau cupola din zidărie, de diverse forme geometrice și alcătuiți constructive, bolțile cilindrice predominând la clădirile de locuit. Grosimile, marca zidăriei și tiranții pentru preluarea împingerilor se determină din calculul de rezistență. Schemele statice și formele utilizate mai mult sînt prezentate în figura 12.5. Încărcările verticale se preiau, în principal, prin solicitări de compresiune în zidăria bolții sau cupolei. Împingerile din boltă se preiau, la deschideri mari, prin contraforți și arc butant sau cu tiranți metalici. Se menționează o comportare slabă a planșeelor din zidărie la tasările inegale ale terenului de fundație și la acțiunea încărcărilor orizontale.

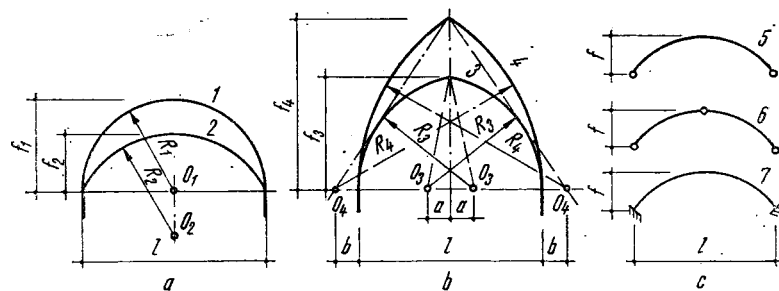


Fig. 12.5. Forme geometrice ale bolților din zidărie pentru planșee :
a - cilindrice ; b - ogive ; c - scheme statice ; 1 - în plin cintru ; 2, 3 - pleostită ; 4 - înălțată ; 5 - arc cu două articulații ; 6 - arc cu trei articulații ; 7 - arc dublu încastrat.

12.4. PLANȘEE METALICE

Planșeele metalice sînt utilizate pentru clădiri cu număr mare de etaje, la clădiri cu deschideri și încărcări mari, de regulă la clădiri cu structură din schelet metalic. Au o serie de avantaje :

- capacitate portantă ridicată și comportare bună ca diafragme orizontale ;
- permit alcătuiți constructive variate, cu înălțime de construcție mică ;
- asigură o prefabricare largă și posibilități de reutilizare ;
- sînt mai ușoare decît planșeele de beton armat etc.

Dezavantajele care limitează domeniul de utilizare a planșeelor metalice sînt :

- au consum ridicat de oțel ;
- necesită măsuri pentru asigurarea durabilității (la foc, agenți corosivi, umiditate etc.), confortului fonic și termic, precum și de rigidizare și contravîntuire ;
- dau eforturi suplimentare din variații de temperatură etc.

12.4.1. PLANȘEE DIN GRINZI METALICE ȘI ELEMENTE DE UMLUTURĂ

Se realizează din grinzi metalice alcătuite din laminate obișnuite, grinzi sudate (tălpi, inimă și rigidizări), grinzi cu zăbrele (de obicei, cu tălpi paralele) etc., rezemate pe pereți portanți sau pe riglele scheletului metalic.

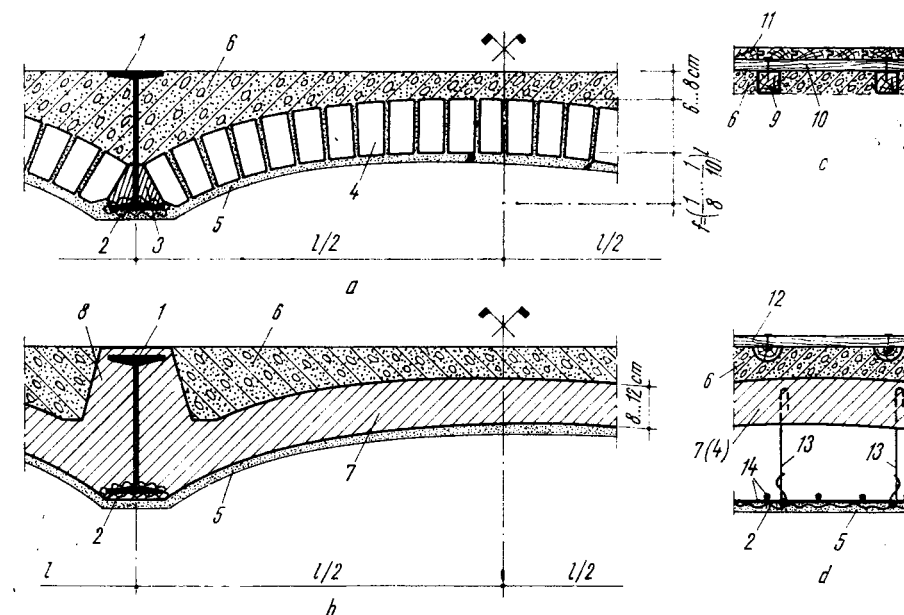


Fig. 12.6. Secțiuni transversale prin planșee cu grinzi metalice :

a - cu boltisoare din zidărie de cărămidă ; b - cu boltisoare din beton ; c - detaliu de pardoseală din parchet lambă și uluc ; d - detaliu de pardoseală din scinduri și de tavan suspendat ; 1 - grindă metalică de rezistență ; 2 - plasă de răbit ; 3 - mortar de poză ; 4 - boltă de zidărie cu grosimea de $l/2$ sau o cărămidă ; 5 - tencuială ; 6 - umplutură termoizolantă (moloz, zgură etc.) ; 7 - boltă din beton simplu, greu sau ușor ; 8 - beton simplu pentru protecția grinzii metalice la coroziune și incendiu ; 9 - grinzișoare ; 10 - dugumea oarbă ; 11 - parchet lambă și uluc ; 12 - pardoseală din scinduri pe cusaci ; 13 - agrafe de susținere ; 14 - rețea de oțel-beton $\varnothing$ 6 mm la 30 cm.

Elementele de umplutură se pot realiza din bolți din zidărie de cărămidă sau beton (greu sau ușor), din elemente prefabricate din beton armat (greu sau ușor), din elemente ceramice etc. (fig. 12.6) Deschiderea bolților este cuprinsă între 1 și 3 m, în funcție de dimensiunea în plan a încăperilor, încărcările pe planșeu, cerințele arhitecturale ale formei tavanelor etc. Calculul bolților se face în ipoteza de arce rezemate pe grinzi metalice (simplu rezemate sau continue), verificându-se stările limită ultime și ale exploatații normale, cât și rezemarea bolților pe tălpile grinzilor și ale grinzilor metalice pe elementele verticale de rezistență, adoptându-se după caz, soluții constructive pentru repartizarea încărcărilor pe suprafețe mărite de rezemare. Împingerile bolților care reazemă pe grinzile din cîmpul planșeului se echilibrează reciproc, în schimb împingerea bolții marginale trebuie preluată de structură (perete, rigla cadrului) sau de către tiranții montați pe prima deschidere de boltă.

Rigidizarea între ele a grinzilor metalice pentru evitarea flambajului tălpilor comprimate, rigidizarea de ansamblu a planșeului și soluțiile de rezemare și conlucrarea între grinzile planșeului și elementele verticale de rezistență a structurii se soluționează în funcție de particularitățile planșeului (tipul grinzilor, deschideri, încărcări) și de cerințele de rigiditate privind comportarea planșeului ca diafragmă orizontală.

Planșeele din grinzi metalice și bolți de umplutură, caracterizate ca un tip de planșeu din elemente separate, se utilizează în cazul lucrărilor de restaurare și foarte rar ca lucrare nouă. În prezent se realizează planșee din grinzi metalice și corpuri prefabricate de umplutură, de regulă cu goluri, confecționate din : beton ușor, ceramică, ipsos etc. (fig. 12.7). Acest tip de planșeu prezintă următoarele avantaje :

- greutatea și volumul de construcție sînt mai reduse ;
- protejarea grinzilor metalice se face prin înglobarea lor în betonul de monolitizare ;

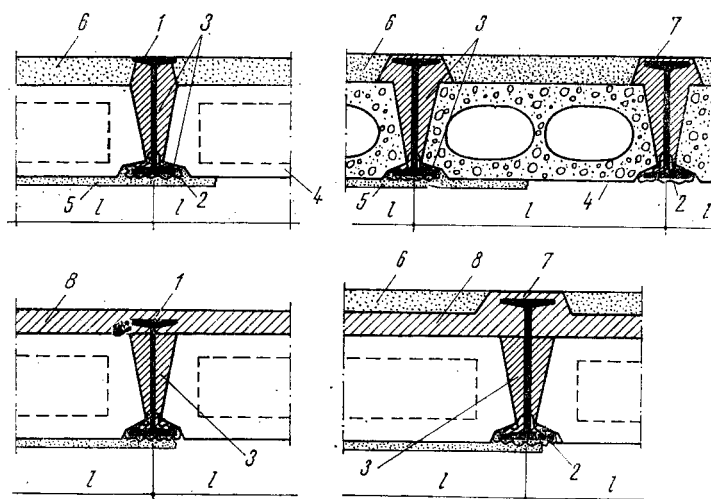


Fig. 12.7. Secțiuni transversale prin planșee din grinzi metalice și corpuri de umplutură prefabricate :

1 — grindă metalică ; 2 — plasă de răbit ; 3 — mortar de poză și monolitizare ; 4 — corp de umplutură cu goluri ; 5 — tencuială ; 6 — umplutură termolizatoare, ușoară ; 7 — protecția grinzii ; 8 — suprabetonare cu armătura superioară a plăcii continuă peste talpa grinzii metalice.

- au tavan plan ;
- nu necesită cintre (cofraje) la execuție ;
- permit o execuție mai rapidă și indici tehnico-economici mai buni.

Corpurile de umplutură se montează pe un mortar de poză și se monolitizează concomitent cu rosturile dintre corpuri și cu spațiile dintre corpuri și grinzi.

Corpurile de umplutură contribuie la izolarea termică și fonică a planșeului și se pot executa sub diferite forme tipizate (blocuri, plăci, fișii din beton ușor de diverse forme, semipanouri etc.), în funcție de încărcare, distanța între grinzi și alcătuirea planșeului. Calculul și dimensionarea corpurilor de umplutură se efectuează în ipoteza de grinzi simplu rezemate pe grinzile metalice.

În cazul încărcărilor utile mari, planșeele se suprabetonează cu o placă monolită din beton armat cu continuitate asigurată în zona grinzilor metalice, rezultând majorarea capacității portante a planșeului, repartizarea mai bună a încărcărilor concentrate și rigidizarea de ansamblu a planșeului prin comportarea lui ca diafragmă orizontală rigidă.

12.4.2. PLANȘEE DIN GRINZI METALICE ȘI PLĂCI DIN BETON ARMAT

Planșeele din grinzi metalice și plăci monolite din beton armat se utilizează în cazul deschiderilor și încărcărilor utile mari, întrucît placa monolită asigură o bună rigiditate planșeului. Prin comparație cu planșeu integral prefabricat din beton armat, are ca dezavantaje : consumul de oțel este mai ridicat, necesită cofraje la execuție și tavane false, au durată lungă de execuție, iar indicii tehnico-economici sînt mai dezavantajoși.

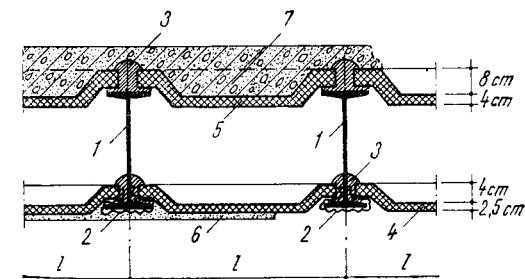
Utilizarea plăcilor prefabricate din beton armat (fig. 12. 8) prezintă eficiență economică, în schimb rigiditatea planșeului scade. Distanța între grinzile metalice este condiționată de deschiderile economice ale plăcilor prefabricate. În general, centurile din beton armat monolit îmbunătățesc rigiditatea planșeului, asigură condiții mai bune pentru descărcarea grinzilor pe elementele verticale și conlucrarea planșeului cu structura de rezistență a clădirii.

12.4.3. PLANȘEE DIN PROFILURI DE TABLĂ

Planșeele realizate din grinzi, fișii sau profiluri din tablă de oțel de grosime 1...3 mm îndoită la rece, așezate alăturat și sudate prin puncte, permit o utilizare rațională a metalului (fig. 12.9).

Fig. 12.8. Secțiune transversală dintr-un planșeu din grinzi metalice și plăci prefabricate din beton armat :

1 — grinzi metalice ; 2 — plasă de răbit ; 3 — mortar de poză și monolitizare ; 4 — element prefabricat autoportant, de tavan ; 5 — element prefabricat portant realizat cu placă, nervuri longitudinale marginale și nervuri transversale cu umăr pentru rezemare ; 6 — tencuială ; 7 — umplutură termolizatoare, ușoară.



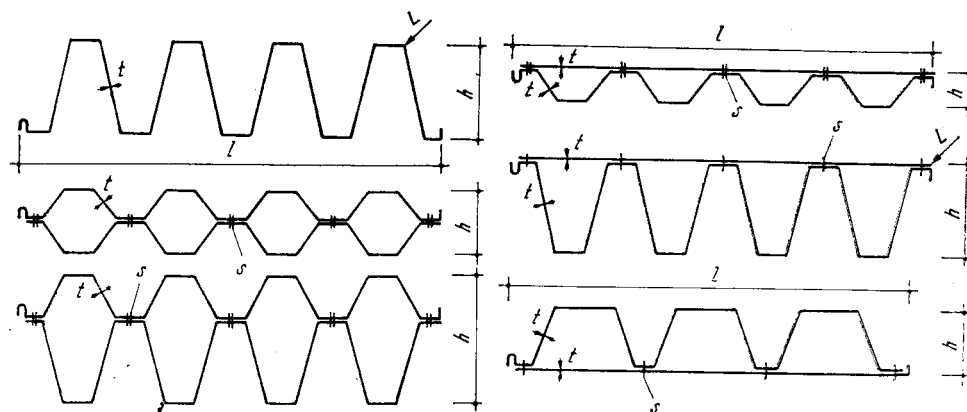


Fig. 12.9. Secțiuni transversale prin elemente de planșeu din tablă de oțel:
 t - grosimea de 1...3 mm; h - înălțimea de 4...20 cm; l - lățimea de 30...60 cm; L - lungimea de 300...1200 cm;
 s - sudură prin puncte.

O utilizare eficientă a profilurilor din tablă de oțel se obține și în cazul planșeelor mixte, compuse, în care secțiunea profilurilor din tablă lucrează și ca armătură în betonul armat (fig. 12.10).

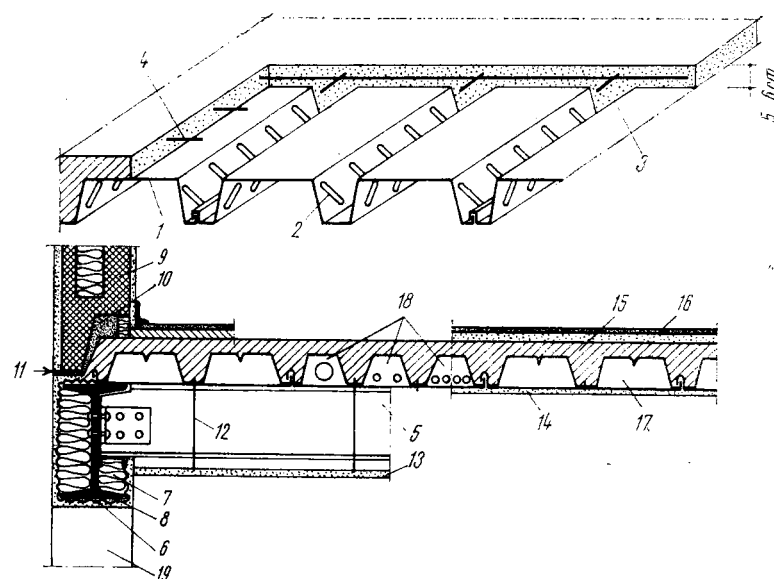


Fig. 12.10. Vedere și secțiune transversală printr-un planșeu mixt:

1 - profil din tablă subțire ambutisată; 2 - ambutisări pentru sporirea rigidității profilului și aderenței cu betonul; 3 - beton armat monolit; 4 - armătură suplimentară; 5 - grinda secundară a planșeului, pe care sprijină profilurile fixate prin sudură; 6 - rigla I a cadrului metalic; 7 - termoizolație pentru evitarea punții termice; 8 - tencuială pe plasă rabit pentru protecție la foc și pentru finisaj; 9 - panou pentru peretele exterior; 10 - monolitizare; 11 - mortar de etansare; 12 - tiranți pentru suspendarea tavanului; 13 - tavan suspendat (rețea $\varnothing$ 6 mm la 25 cm, plasă de rabit și tencuială sau plăci prefabricate); 14 - finisaj între grinzi secundare când nu se realizează tavan suspendat; 15 - planșeu brut; 16 - pardoseală; 17 - gol de aer; 18 - profiluri speciale pentru instalații; 19 - gol de fereastră.

Aceste planșee se utilizează la construcții civile (administrative, locuințe, birouri) cu peste 15...20 niveluri, cu structură în cadre și cu deschideri de 3...12 m. Au o serie de avantaje: greutatea este redusă, mai ales când se folosește betonul ușor; rigiditatea laterală este bună; se elimină cofrajele; montarea instalațiilor este mai ușoară; eficiența tehnico-economică este sporită etc. Consumul mare de oțel pentru deschideri peste 4 m și încărcări utile peste 200 daN/m², măsurile suplimentare care se iau pentru asigurarea durabilității, confortului și întreținerii sunt dezavantaje ale căror efecte trebuie analizate cu atenție.

12.5. PLANȘEE DIN BETON ARMAT MONOLIT

Aceste planșee se realizează integral pe șantier prin turnarea lor în poziția definitivă de exploatare.

Domeniul de utilizare al planșeelor din beton armat monolit este:

- la clădirile unicat precum și la clădiri cu forme în plan neregulate și deschideri variate, la care nu se pretează utilizarea prefabricatelor;
- la planșee cu deschideri și încărcări mari;
- la planșee cu încărcări concentrate și acțiune dinamică a încărcărilor (vibrații, trepidatii, șocuri);
- la planșee cu goluri multe și mari;
- la clădiri amplasate în zone seismice.

Avantajele planșeelor din beton armat monolit sînt:

- au capacitate de a prelua încărcări mari, statice și dinamice;
- datorită monolitismului se asigură o conlucrare foarte bună între planșee și elementele verticale de rezistență ale clădirii;
- planșeele comportîndu-se ca diafragme orizontale rigide, asigură o mare rigiditate de ansamblu a structurii clădirii și comportare foarte bună la preluarea și repartizarea încărcărilor orizontale (vînt, seism);
- au durabilitate mare și, în general, nu necesită costuri de întreținere;
- se pot realiza pentru orice forme în plan și dispunere oarecare a elementelor verticale portante (pereți, stîlpi);
- au posibilități largi de alcătuire constructivă și rezolvări de ordin arhitectural prin variate sisteme de dispunere a grinzilor de forme și dimensiuni diverse.

Dezavantajele planșeelor din beton armat monolit sînt:

- au durată de execuție și consumul de manoperă pe șantier mai mari, comparativ cu structurile prefabricate;
- necesită consum ridicat de cofraje și susțineri.

Planșeele monolite din beton armat, în funcție de forma geometrică și schema statică se realizează în următoarele alcătuiri structurale (fig. 12.11):

- din elemente identice geometrice: plăci plane care lucrează static după una sau două direcții și rezemă pe pereții portanți sau pe riglele cadrelor;
- din elemente diferite și anume: plăci și grinzi de susținere în cîmpul plăcii dispuse pe una sau două direcții;
- din elemente identice: plăci care lucrează static pe două direcții și sînt rezemate numai pe stîlpi.

Planșeele din plăci și planșeele din plăci și grinzi dispuse pe una sau două direcții se pot realiza atât la clădiri cu pereți portanți, cu rezemare pe pereți prin intermediul centurilor, cît și la clădiri în cadre, cu rezemare pe riglele cadrelor.

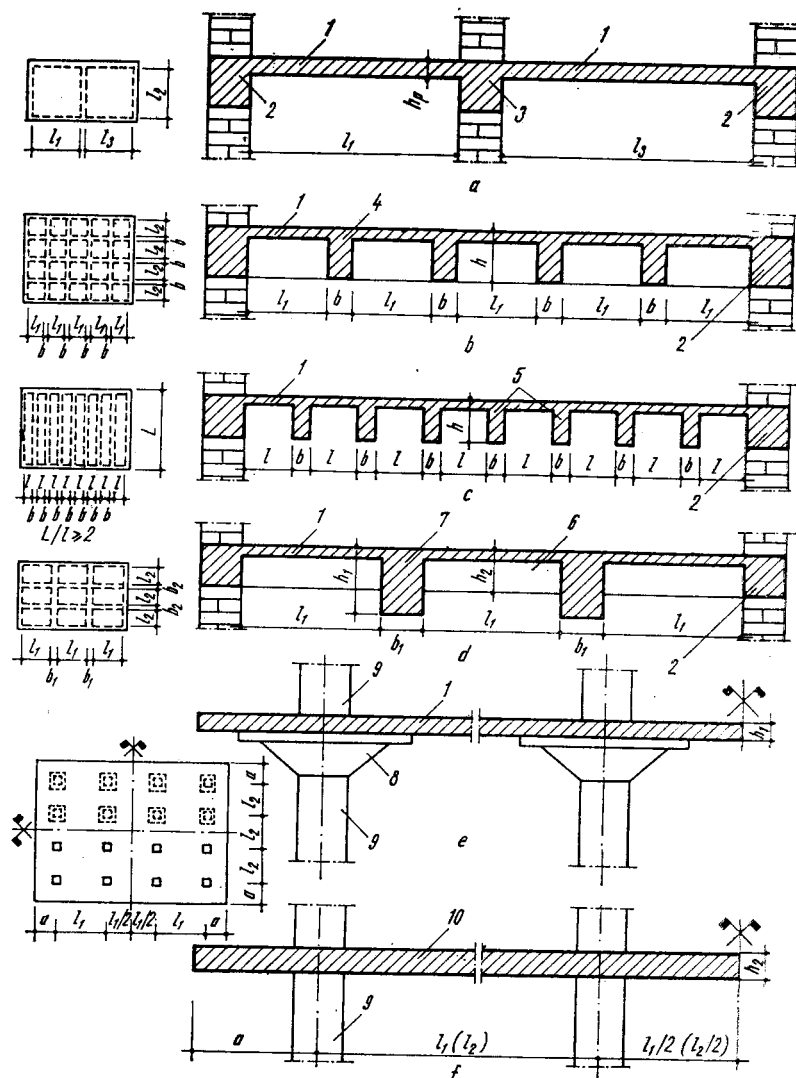


Fig. 12.11. Plan și secțiuni pentru diverse tipuri de planșee din beton armat monolit :

a - plăci rezemate pe contur; b - planșeu cu rețele de grinzi (casetat); c - planșeu cu nervuri dese; d - planșeu cu grinzi principale și secundare (nervuri); e - planșeu ciupercă; f - planșeu dală groasă; 1 - placă; 2 - centură exterioară; 3 - centură interioară (grindă, în cazul peretilor interiori de 12,5 sau 10 cm); 4 - nervura planșeului casetat; 5 - nervuri dese; 6 - grindă secundară; 7 - grindă principală; 8 - capitel; 9 - stilp; 10 - dală groasă.

12.5.1. PLANȘEE DIN PLĂCI DE BETON ARMAT MONOLIT

Se utilizează la clădirile cu încărcări mici și medii pe planșee (de exemplu, la locuințe) și cu distanțe între pereții de rezistență sau riglele cadrelor de maximum 5...6 m.

La clădirile cu pereți portanți din zidărie, plăcile reazemă pe pereți prin intermediul centurilor, iar la structurile în cadre reazemă pe riglele cadrelor prin

asigurarea monolitismului placă-riglă. La structurile de clădiri din diafragme de beton armat, placa planșeului reazemă prin legături monolite pe diafragmele transversale și longitudinale.

Planșeele din plăci dreptunghiulare rezemate pe contur (cazul curent) sînt avantajoase atunci cînd raportul laturilor nu depășește 2, întrucît în acest caz rigiditățile la încovoiere a plăcii după cele două direcții sînt de valori apropiate, deci placa preia încărcările planșeului prin solicitări după ambele direcții, rezultînd o armare rațională.

Avantajele planșeelor din plăci de beton armat monolit sînt :

- asigură tavanul plan, deci finisajele sînt minime;
- necesită cofraje și susțineri simple;
- traseele pentru instalații sînt simple;
- au greutate proprie relativ redusă;
- au o comportare mecanică bună în cazul cînd lucrează pe ambele direcții.

Dezavantajele acestor tipuri de planșee rezidă din faptul că :

- sînt limitate ca deschideri și încărcări din considerente tehnico-economice prin comparare cu celelalte tipuri de planșee din beton armat monolit;
- nu se recomandă în cazul planșeelor cu încărcări concentrate și acțiune dinamică, precum și în cazul cînd sînt necesare goluri mari în planșeu;
- rigiditatea este relativ scăzută față de celelalte tipuri de planșee din beton armat monolit.

12.5.2. PLANȘEE DIN PLĂCI ȘI NERVURI DESE

Sînt alcătuite din plăci plane continue cu grosime constantă și nervuri dese dispuse după o singură direcție și la distanțe egale între ele, de maximum 70 cm (v. fig. 12.11, c). Aceste planșee se pot realiza cu nervuri aparente sau cu nervuri mascate cu tavan fals.

Realizarea unui tavan plan, reducerea consumului de cofraj și mărirea gradului de izolare sînt posibile prin alcătuirea planșeului cu corpuri de umplutură cu goluri, confecționate din beton ușor, ceramică sau din alte materiale ușoare.

Domeniul de utilizare al planșeelor din plăci și nervuri dese este :

- la planșeele cu încărcări uniform distribuite mari și la deschideri de 6...8 m, care depășesc utilizarea economică a planșeelor din plăci;
- la clădiri cu cerințe arhitecturale privind tavanul nervurat uniform.

Avantajele planșeelor cu nervuri dese sînt :

- aspectul arhitectural este deosebit;
- permit utilizarea cofrajelor de inventar, metalice sau din mase plastice armate, care elimină finisajele la tavan;
- preiau mai ușor încărcările din pereții interiori autoportanți, comparativ cu planșeele din plăci;
- soluția cu tavan fals permite montarea mascată a instalațiilor, precum și montarea unor straturi ușoare de materiale izolatoare.

Dezavantajele acestor tipuri de planșee sînt :

- nu se utilizează în cazul încărcărilor pe planșee cu acțiune dinamică (tre-pidații);

— pentru deschideri și încărcări utile mari pe planșeu, rezultă, în anumite cazuri, indicatori tehnico-economici (consum de beton și oțel) nefavorabili, comparativ cu structurile cu grinzi principale și secundare;

— în general, au greutate proprie mare;

— în cazul unor încărcări localizate mari este necesară asigurarea conlucrării mai multor nervuri alăturate prin dispunerea de nervuri transversale sau prin mărirea secțiunii plăcii de beton;

— descărcarea planșeului se concentrează pe elementele de reazem ale nervurilor (descărcări pe două laturi ale planșeului);

— rigiditatea orizontală este mai mare pe direcția nervurilor, motiv pentru care se recomandă dispunerea lor pe direcția transversală a clădirii.

12.5.3. PLANȘEE DIN PLĂCI ȘI REȚELE DE GRINZI, PLANȘEE CASETATE

Sînt alcătuite din placă plană continuă de aceeași grosime și o rețea de grinzi de aceeași secțiune, dispuse după două direcții, prin încrucișarea lor rezultînd o rețea de casete (v. fig. 12.11, b).

Lumina casetelor l_1 și l_2 se recomandă a fi de 1,5...3,0 m din condiția dimensionării economice a structurii planșeului (rețea de grinzi, plăci). Din considerente estetice și arhitecturale, lumina casetelor se poate lua și mai mică decît 1,5 m, respectiv la limită 0,7 m.

Din punctul de vedere al comportării mecanice a rețelei de grinzi, se menționează:

— rețeaua cu grinzile paralele cu reazemele planșeului (fig. 12.12, a) lucrează după ambele direcții numai cînd raportul l_1/l_2 este mai mic de 1,5; la un raport mai mare de 1,5 rețeaua lucrează nefavorabil, întrucît grinzile mai scurte (dispuse după latura l_2) avînd rigidități mult mai mari la încovoiere, se comportă ca reazeme (rol de grinzi principale) pentru grinzile dispuse după latura l_1 (rol de grinzi secundare), deci se pierde practic efectul de conlucrare pe două direcții și structura devine neeconomică; în acest caz se recomandă dispunerea oblică a rețelei de grinzi (fig. 12.12, b);

— rezemarea planșeelor casetate pe pereții portanți se asigură prin centuri din beton armat care monolitizează capetele grinzilor și placa; în cazul rezemării pe stâlpi, planșeul casetat poate fi asimilat cu un planșeu tip dală prin

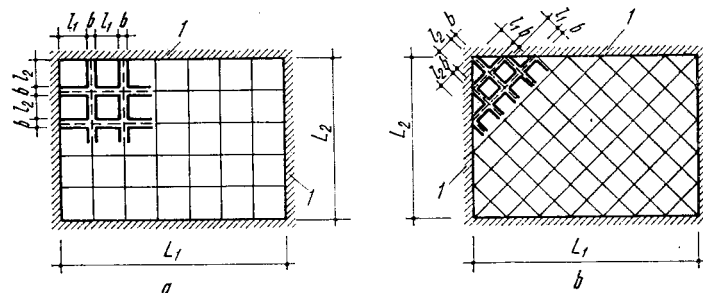


Fig. 12.12. Dispunerea rețelilor de grinzi la planșeele casetate: a - paralel cu laturile de rezemare; b - în diagonală; 1 - rezemare pe contur (pereți portanți, rigle de cadru etc.).

realizarea plină a unui număr de casete în jurul stîlpilor (fig. 12.13).

Domeniul de utilizare a planșeelor casetate este:

— la clădiri cu cerințe privind arhitectura tavanului;

— la încăperi cu suprafețe și înălțimi mari, condiție care asigură realizarea efectului estetic;

— în general, la clădiri social-culturale, la clădiri comerciale, holuri mari etc.

Avantajele planșeelor casetate sînt:

— aspectul arhitectural este superior celorlalte tipuri de planșee;

— înălțimea de construcție este mai mică comparativ cu planșeele cu grinzi principale și secundare;

— poziția pereților despărțitori autoportanți și a încărcărilor concentrate este necondiționată;

— se comportă ca diafragme orizontale rigide pe ambele direcții;

— descărcarea este aproximativ uniformă pe elementele de susținere ale planșeului.

Dezavantajele acestor tipuri de planșee sînt:

— au consum ridicat de beton;

— greutatea proprie este mare;

— manopera este mai ridicată și execuția mai pretentioasă, atît la realizarea structurii, cît și la execuția finisajelor;

— consumul de cofraje este mare, dar se poate reduce mult prin utilizarea cofrajelor de inventar din casete de tablă sau din mase plastice armate, soluție care reduce simțitor și gradul de finisare al tavanului;

— în general, sînt mai costisitoare comparativ cu planșeele cu grinzi principale și secundare.

12.5.4. PLANȘEE DIN PLĂCI, GRINZI SECUNDARE ȘI GRINZI PRINCIPALE DE BETON ARMAT MONOLIT

Aceste planșee se compun din grinzi principale dispuse paralel cu latura scurtă a încăperii și grinzi secundare dispuse paralel cu cealaltă latură, formînd astfel o rețea ortogonală pe care reazemă placa (v. fig. 12.11, d).

În figura 12.14 se prezintă schematic dispunerea grinzilor și tipurile de planșee recomandate, în funcție de deschiderea mică a încăperii l_2 .

Planșeele cu grinzi principale și secundare se comportă mecanic în modul următor:

— întrucît, de obicei, raportul l_1/l_2 este mai mare decît 2, placa lucrează pe o singură direcție ca element continuu, avînd ca reazeme grinzile secundare, pe care se descarcă integral;

— datorită faptului că grinzile principale au secțiuni și înălțimi mult mai mari, deci și rigiditatea la încovoiere mult mai mare față de grinzile secundare, pot fi considerate reazeme fixe pentru acestea; grinzile secundare preiau încărcările din placă și lucrează ca elemente continue rezemate pe grinzile principale; grinzile principale preiau sub formă de încărcări concentrate descărcarea grin-

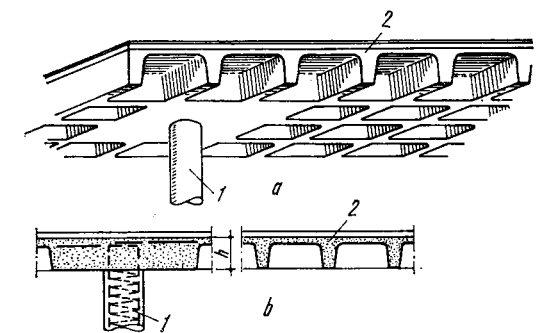


Fig. 12.13. Planșeu casetat rezemat pe stâlpi: a - vedere la partea inferioară; b - secțiune; 1 - stîlp; 2 - planșeu casetat.

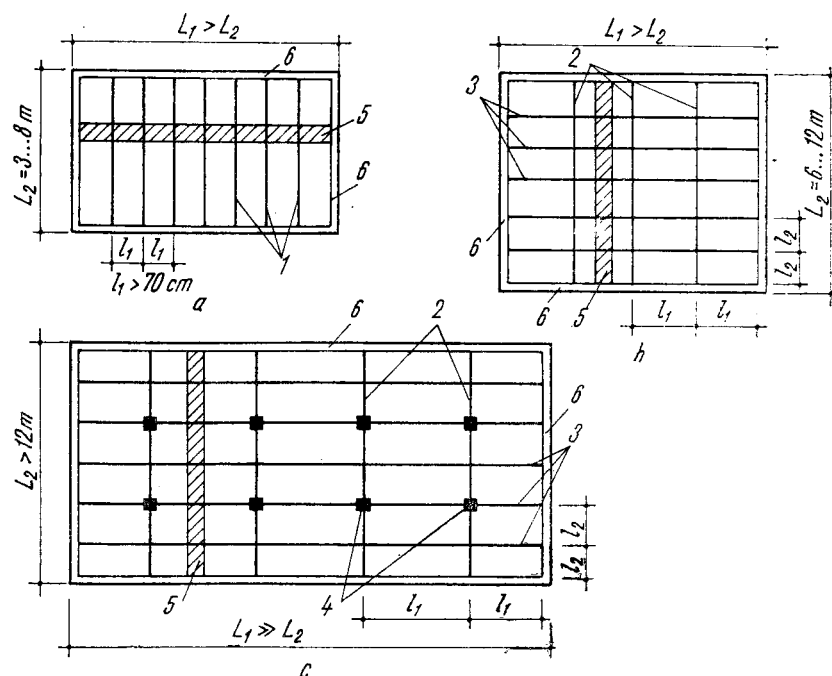


Fig. 12.14. Planșee din plăci și grinzi, schemă în plan :
a — cu grinzi dispuse după o direcție; b — cu grinzi principale și secundare; c — cu grinzi principale, grinzi secundare și stâlpi ca reazeme intermediare; 1 — grinzi dispuse pe o singură direcție; 2 — grinzi principale; 3 — grinzi secundare; 4 — stâlpi; 5 — placă armată pe o direcție ($l_1/l_2 > 2$); 6 — reazeme pe conturul planșeului.

zilor secundare și o transmit elementelor verticale ale clădirii pe care reazemă; în cazul planșeelor cu stâlpi interiori (fig. 12.14, c), grinziile principale lucrează ca rigle de cadru;

— sporirea în cât mai mare proporție a rigidității la încovoiere a grinziilor secundare față de placă și cea a grinziilor principale față de grinziile secundare permite obținerea eficienței structurale maxime la aceste tipuri de planșee.

Planșeele cu plăci, grinzi principale și grinzi secundare se utilizează mai mult la clădiri industriale și mai rar la clădiri civile, numai în cazurile când încărcările și deschiderile mari impun acest tip de planșeu ca eficient economic.

Avantajele acestor tipuri de planșee sînt:

- au capacitate portantă foarte mare, suportînd încărcări și deschideri mari;
- asigură posibilitatea alcătuirii în diverse dispuneri de grinzi;
- sînt foarte rigide pe ambele direcții;
- nu ridică probleme privind poziția pe planșeu a pereților despărțitori sau a golurilor în placă.

Dezavantajele planșeelor cu plăci, grinzi principale și grinzi secundare sînt:

- au greutate proprie mare;
- descărcarea planșeului prin grinziile principale se face concentrat pe elementele verticale de rezistență ale clădirii;
- gabaritul liber util al încăperilor sub planșeu este condiționat de înălțimea mare a grinziilor principale;
- consumul de cofraje și susțineri este ridicat;
- aspectul arhitectural al tavanului este mai puțin reușit;
- suprafața de finisare a tavanului este mare.

12.5.5. PLANȘEE DIN PLĂCI REZEMATE PE STÎLPI

Aceste planșee sînt alcătuite din plăci plane din beton armat rezemate direct pe stâlpi fără intermediul grinziilor. Evazarea stîlpilor la partea superioară sub formă de capiteli cu aspectul unor ciuperci a condus la denumirea de *planșee ciuperci* (v. fig. 12.11, e).

Capitelurile se pot realiza în diverse forme constructive și au rolul de a mări suprafața de rezemare a plăcii pe stâlpi, ceea ce conduce la reducerea deschiderilor de calcul ale plăcii și la majorarea secțiunii de forfecare a plăcii la solicitarea de străpungere în zona de rezemare pe stâlpi, ansamblul structurii (placă și stîlp) rezultînd mai eficient economic comparativ cu structura placă și stâlpi fără capiteli.

Planșeele ciuperci se utilizează mai mult la clădiri industriale cu încărcări utile pe planșee foarte mari (peste 500 daN/m²), iar la clădiri civile numai atunci cînd forma capiteliurilor și rețeaua de stâlpi nu ridică probleme de ordin estetic și funcțional.

Prin renunțarea la capiteliurile stîlpilor se reduce în mare măsură capacitatea de rezistență a plăcii, ceea ce conduce la necesitatea măririi grosimii ei. Aceste planșee realizate din placă groasă și stâlpi fără capiteli, denumite *planșee dală* (v. fig. 12.11, f) au o largă utilizare la clădiri civile (social-culturale, comerciale, de locuit etc.).

Dimensiunile geometrice recomandate din condiții de rigiditate la planșeele dală sînt:

- grosimea minimă a dalei se ia $l_{max}/30$, dar cel puțin 13 cm (l_{max} este deschiderea de calcul a dalei pe direcția cu stâlpii dispuși la distanță mai mare);
- rețeaua de stâlpi se dispune la distanțe interax de 4...8 m, în funcție de cerințele de exploatare ale clădirii și pentru un raport interax pe cele două direcții de 1/1...1/2;
- secțiunea minimă a stîlpilor se ia de 25 × 25 cm;
- betoanele utilizate sînt de mărci superioare, minim B 200.

Planșeele dală și ciuperci se comportă mecanic ca un sistem spațial alcătuit din dală (placă) și rețea de stâlpi. Calculul în stadiul elastic nu poate fi efectuat exact datorită dificultăților de scriere și rezolvare a relațiilor folosite în teoria elasticității, motiv pentru care s-a recurs la metode simplificate de calcul, prin descompunerea sistemului spațial în sisteme plane pe cele două direcții. Astfel, în metoda cadrelor înlocuitoare, planșeul se împarte în cadre dispuse după cele două direcții, pe fiecare direcție cadrul considerîndu-se alcătuit din stâlpi și placa aferentă (cu rol de grindă de cadru) de lățime egală cu suma semideschiderilor panourilor adiacente.

Încărcările permanente sînt, în general, uniform distribuite pe lungimea riglei cadrului, iar încărcările utile se iau pe deschiderile care produc solicitările maxime în rigle, respectiv în stâlpi.

Solicitările determinate pentru rigla cadrului nu se distribuie uniform pe lățimea ei, întrucît fișile de placă după axele rețelei de stâlpi, numite *fișii de reazem*, se comportă similar unei grinzi continue pe reazeme fixe (pe stâlpi), iar *fișile de cîmp* se comportă ca grinzi continue cu reazeme elastice (reazemele fiind fișile de reazem care au rigiditate mai mare la încovoiere, întrucît se deformează mai puțin.) Deci, fișile de reazem se vor încălca mai mult, fiind mai solicitate față de fișile de cîmp, motiv pentru care solicitările determinate în ipoteza cadrului înlocuitor se distribuie diferențiat pe deschiderile dalei: mai mult fișilor de reazem și mai puțin fișilor de cîmp (fig. 12.15).

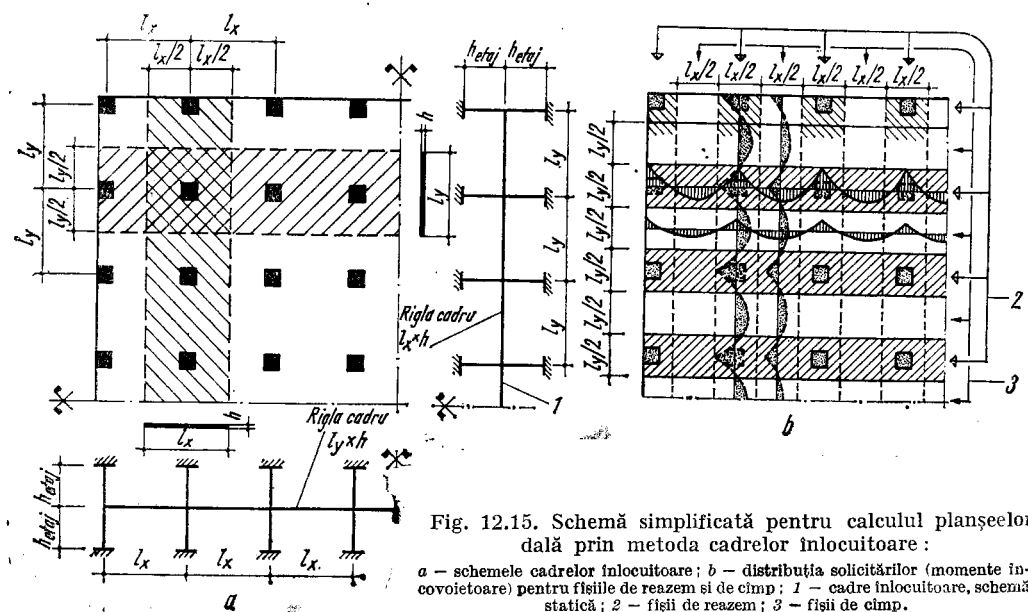


Fig. 12.15. Schemă simplificată pentru calculul planșelor dală prin metoda cadrelor înlocuitoare:
a - schemele cadrelor înlocuitoare; b - distribuția solicitărilor (momente încovoietoare) pentru fișile de reazem și de cîmp; 1 - cadre înlocuitoare, schemă statică; 2 - fișii de reazem; 3 - fișii de cîmp.

Metoda cadrelor înlocuitoare este generală, putînd fi aplicată pentru deschideri egale și inegale, dar nu permite obținerea unor rezultate suficient de apropiate de cele experimentale, deoarece nu ține seama de comportarea spațială a structurii planșului. Această deficiență se poate elimina în mare măsură prin calculul după metoda echilibrului limită (calculul în domeniul plastic), solicitările în dală determinîndu-se prin scrierea ecuațiilor de echilibru limită, în funcție de modurile de cedare a dalei.

La planșee dală intervin în principal două probleme importante;
— la descărcarea dalei pe stîlpi apar eforturi importante de forfecare și eforturi principale locale de întindere fiind necesară armarea suplimentară a dalei în această zonă, precum și adoptarea unei grosimi care să poată prelua solicitarea de forfecare a dalei. Evitarea măririi grosimii dalei numai din aceste condiții se poate obține prin dispunerea de plăci metalice de grosime mare, fixate rigid de capul stîlpilor sau prin juguri metalice din profiluri laminare, în zona de reazem a dalei pe stîlpi, îndeplinind rolul de capitel înglobat în dală (fig. 12.16);

— grosimea mare a dalei, care conduce la consum sporit de beton și greutate mare, este justificată pentru preluarea solicitărilor în fișile de reazem, în schimb pentru fișile de cîmp devine neeconomică. În figura 12.17 se prezintă cîteva

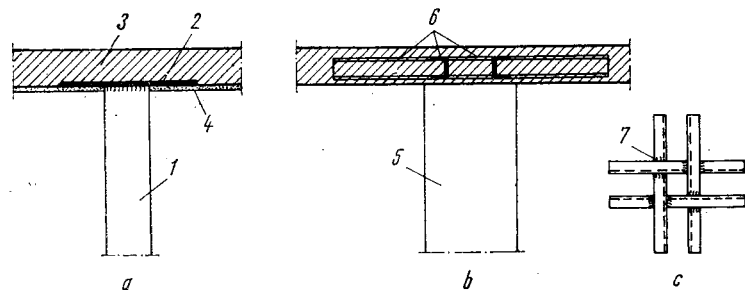


Fig. 12.16. Soluții constructive pentru capiteli înglobate în dala groasă:
a - pentru stîlpi metalici; b - pentru stîlpi de beton armat; c - vederea jugului; 1 - stîlp metalic din țevă; 2 - placă metalică sudată de stîlp; 3 - dală din beton armat; 4 - tencuială; 5 - stîlp din beton armat; 6 - jug metalic cu rol de capitel, înglobat în dala groasă; 7 - sudură pentru îmbinarea elementelor jugului.

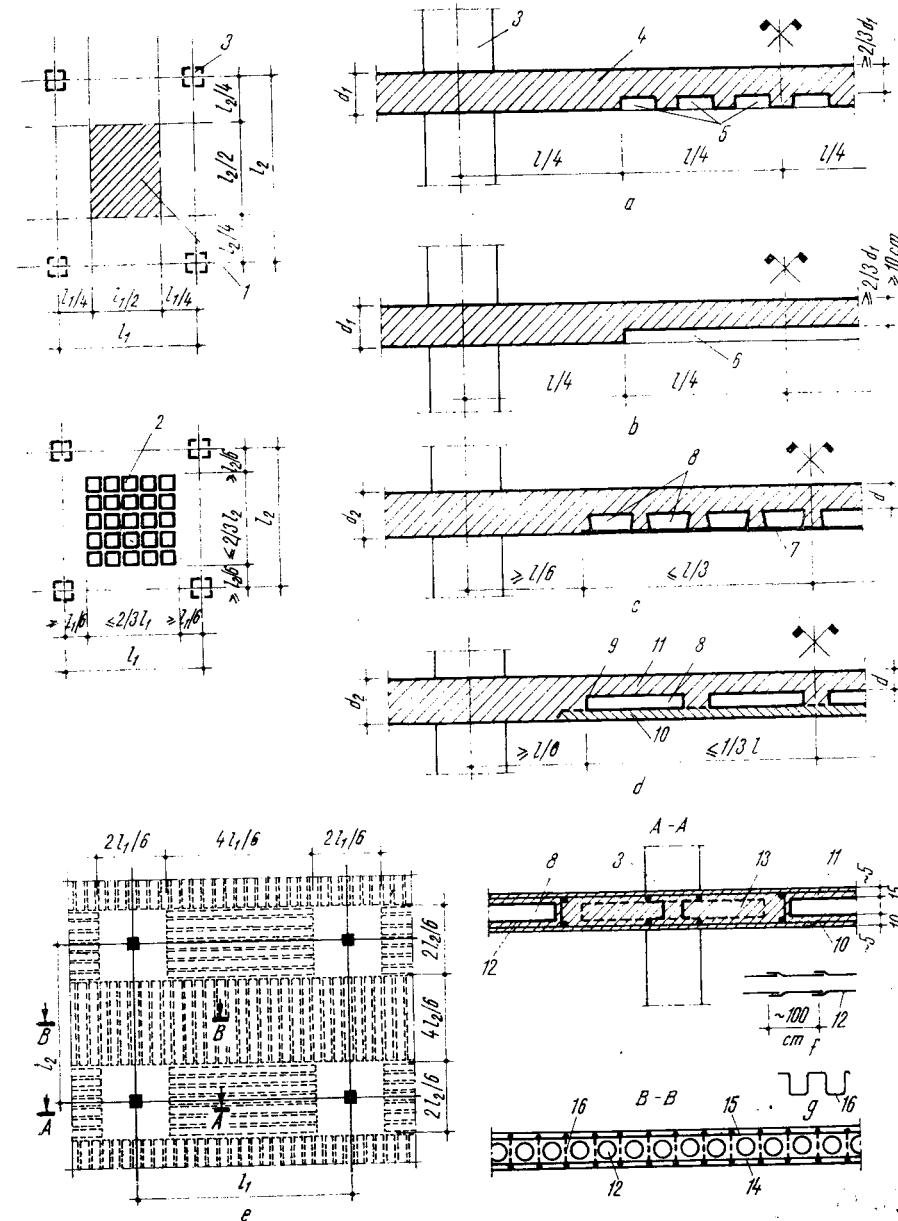


Fig. 12.17. Soluții constructive pentru reducerea consumului de beton în zona comună a fișilor de cîmp din dala groasă:

a - cu tavan casetat; b - cu tavan avînd casetă continuă; c - cu tavan plan realizat cu corpuri de umplură înglobate în dală; d - cu tavan plan avînd casete înglobate în dală; e - cu tavan plan avînd tuburi înglobate în dală; f - detaliu de îmbinare a tuburilor înglobate; g - detaliul armăturii de conlucrare; 1 - zona comună a fișilor de cîmp pentru soluțiile a și b; 2 - zona comună a fișilor de cîmp pentru soluțiile c și d; 3 - stîlp; 4 - dală groasă; 5 - casete; 6 - casetă continuă; 7 - corpuri de umplură cu pereți subțiri, confecționate din ceramică; 8 - goluri de aer; 9 - casete din carton impregnat, PAL, mase plastice etc., înglobate în dala groasă; 10 - zona din placă care se toarnă în etapa I; 11 - zona din placă care se toarnă în etapa a II-a; 12 - tub din carton impregnat sau din mase plastice înglobat în dală; 13 - dala plină cu capitel înglobat, realizat din profiluri metalice; 14 - armare inferioară; 15 - armare superioară; 16 - armătură de conlucrare.

soluții constructive pentru reducerea consumului de beton în zona comună a fișilor de cimp.

Planșeele dală se folosesc la clădiri social-administrative, comerciale și de locuit, precum și la alte categorii de clădiri cu structura verticală de rezistență realizată cu stâlpi.

Avantajele planșelor dală comparativ cu planșeele cu grinzi, sînt următoarele :

- se realizează economii de cofraje și de manoperă la montarea armăturilor ;
- finisajele la tavan sînt mai reduse ;
- traseele pentru instalații sînt simple ;
- partiul este flexibil, existînd posibilitatea schimbării poziției pereților despărțitori, purtați, susținuți de dală ;
- se utilizează rațional volumul construit ;
- comportarea ca diafragmă orizontală rigidă este bună ;
- aspectul arhitectural este deosebit ;
- costurile sînt comparabile sau chiar mai mici în cazul încărcărilor pe planșeu peste 500 daN/m^2 ;
- comportarea acustică la zgomotul aerian este bună datorită masivității lor.

Dezavantajele acestor tipuri de planșee sînt :

- rețeaua de stâlpi, cînd sînt dispuși la distanțe reduse ($3 \dots 6 \text{ m}$) limitează, într-o oarecare măsură, libertatea funcțională a partiului ;
- consumul de beton armat, deci greutatea proprie, este mare.

12.6. PLANȘEE DIN ELEMENTE PREFABRICATE DIN BETON ARMAT

Aceste planșee au în prezent cea mai largă utilizare, aproape la toate categoriile de clădiri, datorită avantajelor pe care le prezintă :

- au eficiența tehnico-economică pe care o aduce prefabricarea elementelor de planșeu în ceea ce privește calitatea, eliminarea cofrajelor, prefinisarea în fabrică etc. ;
- lucrările pe șantier sînt mult reduse ;
- darea în exploatare este mai rapidă ;
- în general, indicatorii tehnico-economici sînt mai buni comparativ cu planșeele din beton armat monolit.

Dezavantajele utilizării planșelor prefabricate sînt :

- se pierde parțial avantajul monolitismului și al rigidității, comparativ cu planșeele din beton armat monolit ;
- au rigiditatea orizontală mai redusă ;
- necesită lucrări de volum mic pe șantier, dar mai pretențioase ca precizie și calitate privind pozarea, fixarea, monolitizarea etc. ;
- uneori ridică dificultăți la transport și montaj ;
- necesită spațiu de manipulare și depozitare pe șantier ;
- domeniul de utilizare este condiționat de producția prefabricatelor, deci planșeele prefabricate se pot utiliza numai la clădiri modulate ca deschideri ;
- necesită măsuri speciale de monolitizare a planșelor prin suprabetonări, centuri etc., în cazul construcțiilor amplasate în zone seismice.

12.6.1. PLANȘEE DIN GRINZI ȘI CORPURI DE UMLUTURĂ

Aceste planșee se realizează din grinzi prefabricate de beton armat rezemate pe pereți portanți sau pe riglele cadrelor.

Între grinzi și rezemînd pe acestea se dispun alăturat, corpurile de umplutură cu goluri care sînt prefabricate din beton greu sau ușor.

Există o mare diversitate de tipuri de grinzi și corpuri de umplutură, dar în general, alcătuirea lor este asemănătoare, motiv pentru care se prezintă în continuare numai tipul de planșeu realizat în țara noastră, notat cu inițialele TCB.

În figura 12.18 se prezintă alcătuirea planșelor tip TCB pentru aceeași deschidere, deci utilizînd același tip de grindă, iar în funcție de încărcarea pe planșeu, rezultă tipurile de corpuri de umplutură utilizate și dispunerea lor.

Grinzile au aceeași secțiune transversală și se produc de lungimi nominale cuprinse între 2 și 4 m. Armarea grinzilor se face diferit, în funcție de lungimea lor.

Corpurile de umplutură sînt elemente simplu rezemate pe grinzi, iar grinzile se consideră simplu rezemate pe pereții portanți.

Planșeele tip TCB sînt dimensionate în ipoteza încărcărilor uniform distribuite pe planșeu, deci nu pot prelua încărcări verticale concentrate (popii șarpantei) sau liniare (pereți despărțitori). În aceste cazuri, preluarea încărcărilor se poate rezolva prin montarea alăturat a mai multor grinzi prefabricate

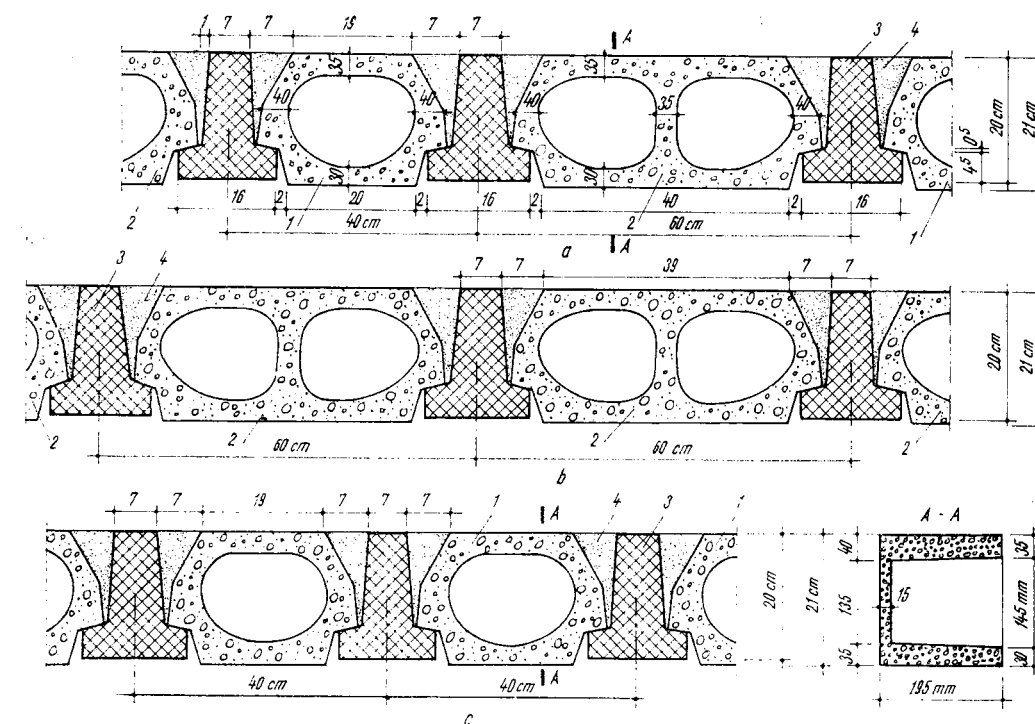


Fig. 12.18. Secțiuni prin planșee din grinzi prefabricate și corpuri de umplutură :
a — pentru planșee de pod cu încărcarea de 400 daN/m^2 ; b — pentru etaje curente cu încărcarea pe planșeu de 300 daN/m^2 ;
c — pentru încărcări mărite, $550 \dots 1150 \text{ daN/m}^2$, în funcție de deschidere ; 1 — corp U_1 ; 2 — corp U_2 ; 3 — grindă ; 4 — monolitizare.

(fig. 12.19, d) sau prin realizarea unor grinzi din beton armat monolit (fig. 12.19, e).
Golurile necesare în planșee sînt limitate de poziția grinzilor și de dimensiunea corpurilor de umplutură, neadmițindu-se spargeri în grinzi sau corpuri.

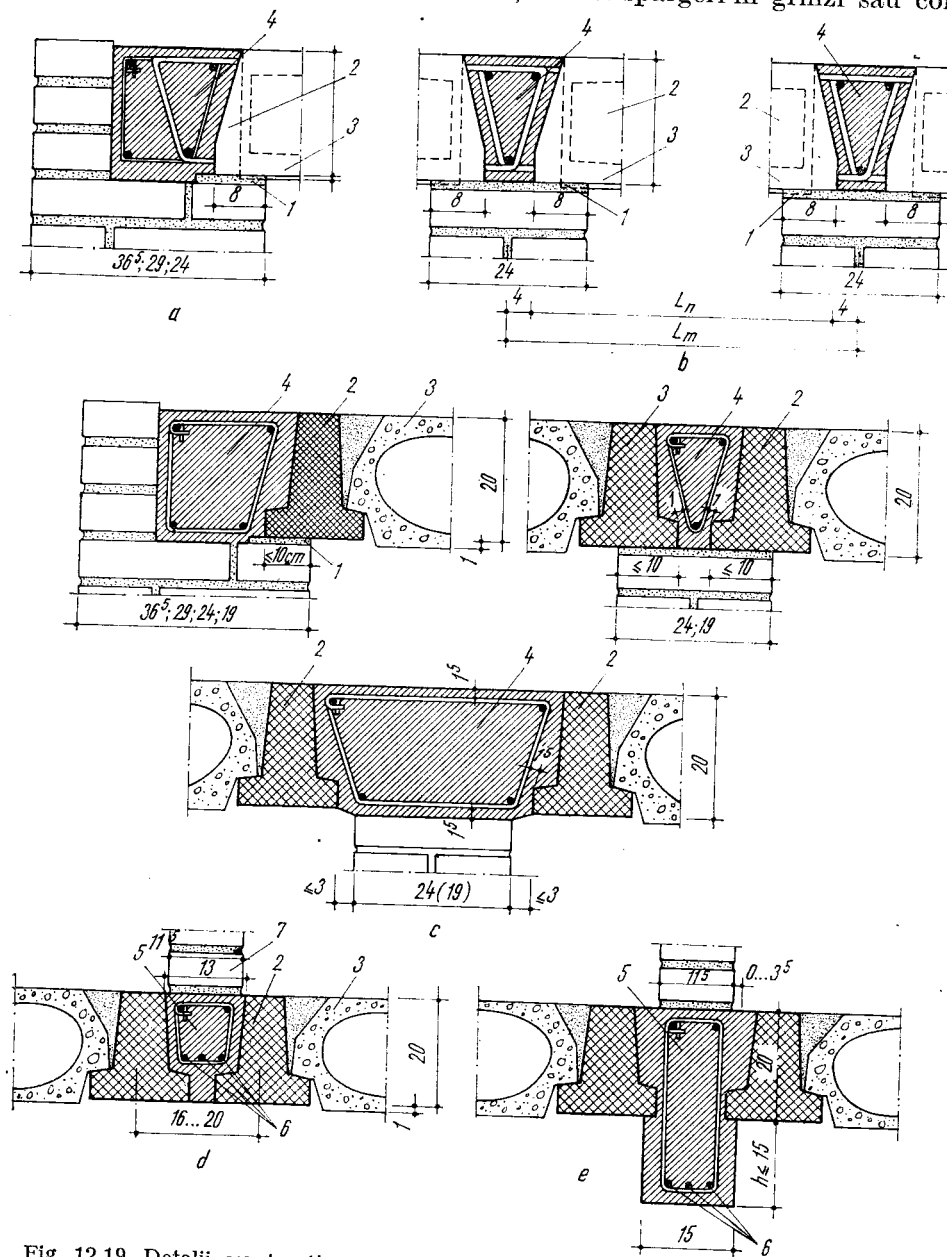


Fig. 12.19. Detalii constructive pentru planșee din grinzi și corpuri de umplutură:
a - rezemarea grinzilor pe ziduri exterioare; b - rezemarea grinzilor pe ziduri interioare; c - așezarea grinzilor paralel cu pereții exteriori și interiori; d - așezarea alăturată a grinzilor sub pereții despărțitori; e - preluarea încărcărilor din pereții despărțitori, cu grindă din beton armat monolit; 1 - mortar de poză M 100 de 1,5...2 cm grosime; 2 - grindă prefabricată; 3 - corp de umplutură; 4 - centură din beton armat; 5 - grindă din beton armat monolit; 6 - armătură rezultată din calcul; 7 - perete despărțitor; L_m - lungimea modulată a grinzii; L_n - lungimea nominală a grinzii.

Golurile mai mici decît gabaritul liber între tălpile grinzilor se realizează în completările de beton turnat între grinzi (în locul corpurilor care nu se montează), iar în cazul golurilor mai mari este necesară turnarea pe șantier a unor plăci din beton armat în care se prevăd golurile respective.

În figura 12.19 sînt prezentate detaliile caracteristice pentru planșeele tip TCB.

La proiectarea și realizarea planșeelor din grinzi și corpuri de umplutură se recomandă următoarele:

- rezemarea minimă a grinzilor pe pereți este de 8 cm;
- montarea grinzilor se face pe un strat de mortar de poză M 100 proaspăt întins;
- manipularea prefabricatelor se face numai în poziția lor de exploatare;
- centurile și monolitizările între prefabricate trebuie executate cu deosebită atenție.

Cînd este necesară mărirea gradului de monolitism, se recomandă supra-betonarea întregului planșeu cu o placă de beton armat de 3...4 cm grosime, avînd armătura bine ancorată în centurile planșeului.

Avantajele planșeelor din grinzi și corpuri de umplutură sînt următoarele:

- prefabricatele sînt simple și ușoare, deci se pot realiza și pe șantier;
- aceste planșee izolează bine termic și fonic;
- lucrările pe șantier sînt simple și necesită o dotare minimă datorită greutatea redusă a prefabricatelor.

Dezavantajele acestor tipuri de planșee sînt următoarele:

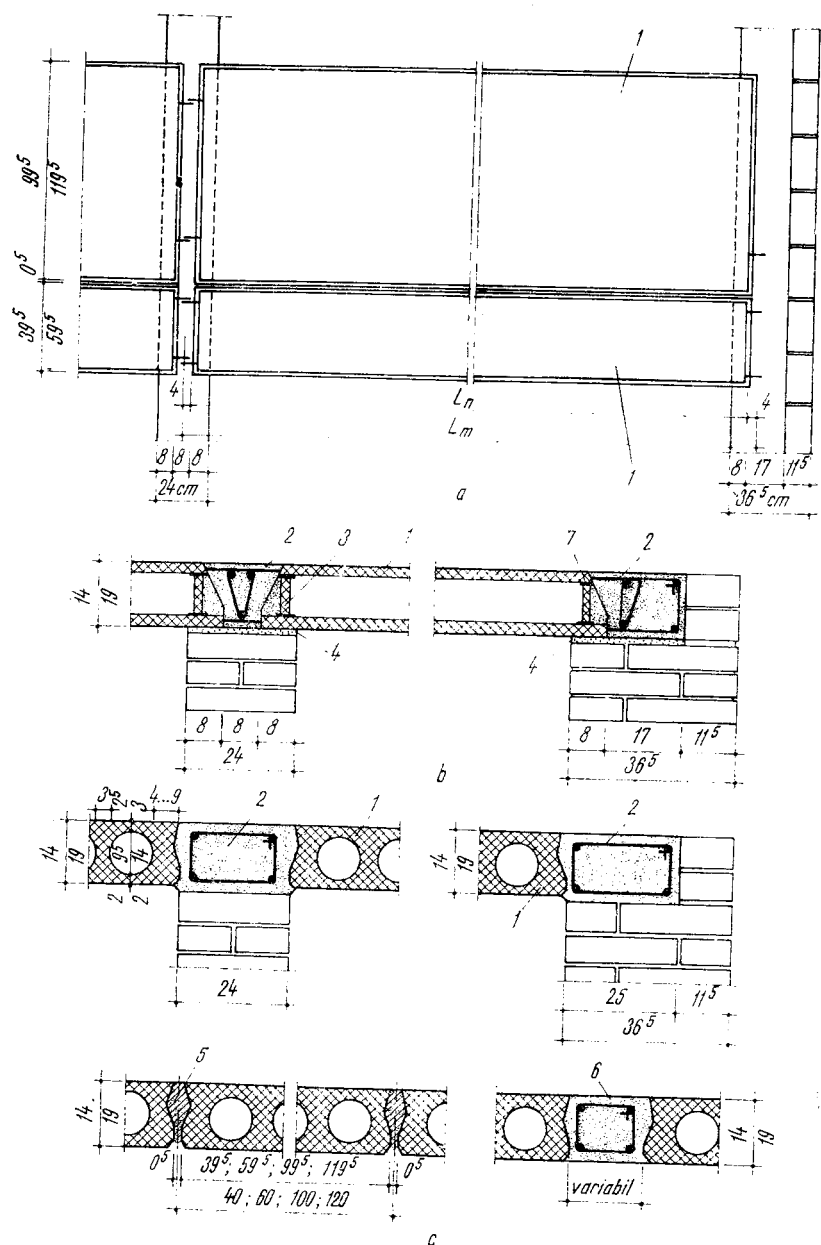
- în general, sînt mai costisitoare față de alte tipuri de planșee prefabricate, de exemplu, față de fișile cu goluri;
- comportarea ca diafragme orizontale este slabă, motiv pentru care se limitează domeniul lor de utilizare la clădiri de locuit cu maximum două niveluri amplasate în zone neseismice;
- planșeul este sensibil, în sensul că pe parcursul exploatării fisurează în lungul grinzilor datorită săgeții din încovoiere a acestora și a nedeformabilității poziționale a corpurilor de umplutură;
- au grad scăzut de prefinisare a prefabricatelor;
- preluarea încărcărilor verticale concentrate pe planșeu și prevederea golurilor necesită lucrări suplimentare pe șantier;
- sînt limitate ca deschideri, din considerente tehnice (comportare mecanică) și economice (consumuri de manoperă, materiale și costuri).

12.6.2. PLANȘEE DIN FIȘII PREFABRICATE CU GOLURI, REALIZATE DIN BETON ARMAT

Aceste planșee se realizează prin dispunerea alăturată a fișilor și rezemarea lor pe pereții portanți ai clădirii, pe grinzi sau pe riglele cadrelor.

Capetele fișilor sînt monolitizate pe reazeme cu centuri din beton armat, iar între fiși, în lungul lor, rosturile se betonează cu beton simplu, de marcă minimă B 200 (fig. 12.20).

Fișile cu goluri sînt elemente cu secțiunea dreptunghiulară, cu ambele fețe plane și paralele între ele, cu goluri ovale sau circulare care au aceeași secțiune pe toată lungimea fișiei. Se realizează din beton armat de mărci superioare, mai mari de B 200 și se recomandă armarea cu oțel PC, respectiv prin precomprimare.



mare, în cazul deschiderilor mai mari de 5...6 m și pentru încărcări pe planșeu mai mari de 300 daN/m².

Golurile longitudinale permit realizarea fișilor cu înălțimi de 14...22 cm și mai mari, în condițiile unui consum de beton similar plăcilor de 8...13 cm grosime, dar rezultă o armare mai rațională, se obține un spor de rigiditate la încovoiere și o mai bună capacitate de izolare termică și fonică.

În țara noastră, fișile cu goluri sînt tipizate, în funcție de încărcarea pe planșeu și de deschideri.

Pentru clădiri civile cu încărcări pe planșee până la 300 daN/m^2 se utilizează fișii înguste și fișii late. Fișii înguste au lățimea $l = 40$ sau 60 cm , lungimea $L = 1,8 \dots 4,0 \text{ m}$ și înălțimea $h = 14 \text{ cm}$; respectiv $L = 4,4$ sau 5 m cu $h = 19 \text{ cm}$. Fișii late au lățimea $l = 100$ sau 120 cm , lungimea $L = 2 \dots 4 \text{ m}$ și înălțimea $h = 14 \text{ cm}$; respectiv $L = 4,4$ sau $5,0 \text{ m}$ cu $h = 19 \text{ cm}$.

Pentru planșee cu încărcări mai mari de 300 daN/m² și deschideri de 6...12 m se recomandă utilizarea fișilor late cu $l = 100...150$ cm și $h = 22...40$ cm, realizate din beton armat precomprimat, cu goluri rotunde, ovale sau dreptunghiulare. În țara noastră sînt tipizate fișiiile cu goluri din beton armat cu $h = 22$ cm, $l = 100$ cm și $L = 6,00$ m pentru încărcări pînă la 500 daN/m², respectiv din beton armat precomprimat cu $h = 26$ cm, $l = 100$ cm și $L = 6,0$ m pentru încărcări de 300...1500 daN/m².

În general, fișile se calculează și se dimensionează ca elemente simplu rezemate cu încărcări verticale uniform distribuite din greutatea proprie și din încărcările aferente de pe planșeu.

Pentru clădiri de locuit, din considerente economice, pentru aceleași dimensiuni geometrice fișile sînt tipizate în tipul F și FU .

Fișile ușoare FU se utilizează când pe planșeu nu intervin încărcări din pereți despărțitori purtați, iar când aceștia intervin și depășesc încărcarea de calcul a fișilor F se recurge la întăriri locale prin turnarea în interspațiile anume lăsate între fișii a unor grinzi din beton armat.

Dacă planșul este solicitat la forțe concentrate, este necesară verificarea ca momentul încovoiator efectiv să nu depășească pe cel de dimensionare a fișiiilor utilizate. În caz contrar, se poate suplimenta armătura în fișii, efectuându-se și toate verificările necesare (capacitate portantă, rigiditate etc.).

Golurile mai mici decât diametrul golurilor din fișii se realizează prin spargerea fișiiilor, dar numai în zona golurilor din fișii; pentru golurile mai mari se dispun între fișii zone din beton armat monolit în care se vor lăsa golurile necesare. Aceste fișii din beton armat monolit se calculează și se armează fără a se ține seama de conlucrarea cu fișiiile prefabricate învecinate.

La proiectarea și executarea planșelor din fișii prefabricate de beton armat prevăzute cu goluri, se recomandă:

— depozitarea, transportul și manipularea fișilor se va face numai în poziția lor de exploatare, respectiv numai prin utilizarea urechilor de ridicare;

— se va executa obligatoriu patul de mortar la rezemare, care asigură montajul la cotă și uniformizează repartizarea presiunilor pe reazem;

— execuția betonului de completare între fișii și a centurilor din beton armat trebuie să fie de calitate cât mai bună întrucât este factorul hotărâtor pentru asigurarea conlucrării fișilor la preluarea încărcărilor verticale și a eficacității comportării ca diafragmă orizontală a planșeului la încărcări orizontale (vînt, seism);

— se va urmări o dispunere cât mai rațională a fișilor și utilizarea unui număr minim de tipuri de fișii.

Planșeele din fișii prefabricate cu goluri se utilizează; la clădiri de locuit, clădiri social-administrative și la anumite clădiri industriale, în general, la construcții cu structură verticală din pereți portanți de zidărie sau cadre din beton armat, până la $P + 4E$ și amplasate în zone cu gradul de seismicitate mai mic de 8.

Avantajele planșeelor din fișii cu goluri sunt următoarele:

- fișile cu goluri sunt prefabricate eficiente economic și se comportă bine la manipulare și montaj;
- asigură tavan plan și posibilități ușoare de montare a traseelor de instalații în golurile fișilor;
- capacitatea de izolare termică și fonică este bună;
- execuția este rapidă;
- la greutate proprie relativ redusă a planșeului se asigură o bună capacitate portantă.

Dezavantajele acestor tipuri de planșee sunt:

- rigiditatea orizontală este redusă, motiv pentru care sunt limitate ca domenii de utilizare;
- necesită măsuri speciale de monolitizare prin centuri puternice și suprabetonarea planșeului, în cazul clădirilor amplasate în zone seismice;
- prevederea golurilor mari în planșeu și a preluării încărcărilor concentrate este mai dificilă;
- nu pot prelua încărcări cu acțiune dinamică, datorită slabei conlucrări între fișii.

12.6.3. PLANȘEE DIN PANOURI MARI PREFABRICATE

Un înalt grad de prefabricare a clădirilor se obține prin sistemul constructiv din panouri mari când clădirea se realizează prin asamblarea spațială a elementelor plane de pereți și planșee, de dimensiunea unei încăperi.

Îmbinările care se realizează pe șantier între panourile de pereți și planșee asigură realizarea continuității aproape de monolit a întregii structuri, în cadrul cărora planșeele se comportă ca diafragme orizontale rigide.

Panourile mari care alcătuiesc planșeele clădirilor de locuit se realizează, de obicei, din plăci pline de 10...14 cm grosime, din beton armat de marcă minim B 200 (fig. 12.21) și mai rar sub formă de plăci chesonate, casetate sau cu goluri care ridică o serie de probleme la prefabricare, la realizarea îmbinărilor pe șantier și la finisarea tavanelor.

Eficiența tehnico-economică a panourilor mari de planșeu se obține numai pentru un raport între laturi mai mic ca 2, panoul în acest caz lucrează și se armează pe ambele direcții, condiție care se are în vedere la proiectarea partii clădirii, respectiv la dispunerea diafragmelor verticale longitudinale și transversale, care constituie reazemele panourilor de planșeu.

Planșeele din panouri mari se pot utiliza și la clădiri cu structura de rezistență din pereți de zidărie sau cadre din beton armat, cu condiția adaptării formei geometrice de contur a panourilor la condițiile de rezemare și montaj respective.

Tipurile de îmbinări și condițiile tehnice de execuție pe șantier trebuie să asigure cât mai bine rezemarea, conlucrarea, continuitatea statică și rigiditatea planșeelor.

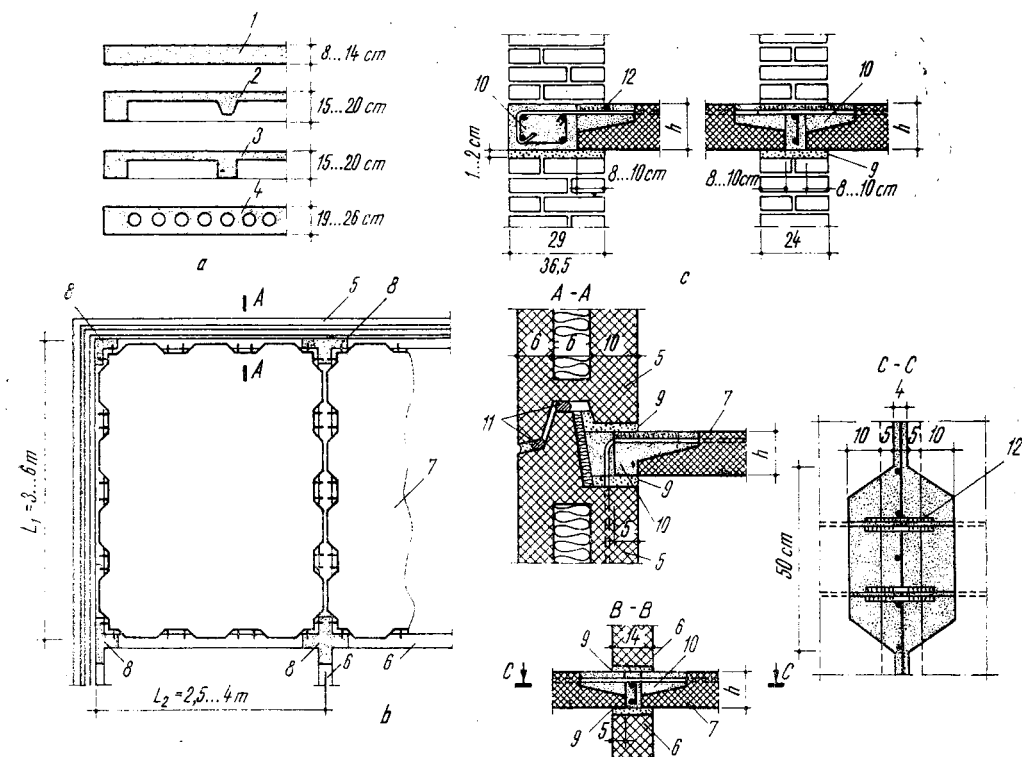


Fig. 12.21. Planșee din panouri mari:

a — tipuri de panouri mari; b — plan și detalii de rezemare a panourilor prefabricate de planșeu pe pereți din panouri mari; c — rezemarea panourilor prefabricate de planșeu pe pereți din zidărie; 1; 2; 3; 4 — panouri mari de planșeu din placă plină, din placă cu nervuri sistem cheson sau casetat, respectiv din dală groasă cu goluri rotunde sau ovale, realizate din beton armat sau beton precomprimat; 5 — perete exterior din panouri mari; 6 — perete portant interior din panou mare; 7 — panou mare de planșeu; 8 — îmbinare verticală de monolitizare a panourilor portante de pereți; 9 — mortar de poză, M 100; 10 — beton de monolitizare, B 300; 11 — etanșarea rostului orizontal; 12 — sudură.

La execuția planșeelor din panouri mari se vor avea în vedere, în principal, următoarele aspecte:

— depozitarea, manipularea, transportul și montajul panourilor de planșeu necesită strictă respectare a condițiilor tehnice precizate prin proiect. Aceste prefabricate prin comportarea lor ca placă cu suprafață mare sunt sensibile la aceste operații;

— pozarea și îmbinarea panourilor de planșeu cu elementele portante pe care reazemă, trebuie executate pe șantier în cele mai bune condiții. De calitatea acestor lucrări depinde gradul de monolitism și de rigiditate al planșeelor cât și al structurii clădirii în ansamblul ei.

Comportarea mecanică a structurilor din panouri mari și particularitățile de calcul și alcătuirii constructive sunt prezentate în capitolele 15 și 16.

Planșeele din panouri mari se utilizează la clădiri de locuit, la clădiri administrative (birouri) etc., în general, la clădiri civile cu structura integral realizată din panouri mari cu o dezvoltare pe înălțime de până la 8...10 niveluri.

La clădiri cu structura verticală combinată (beton armat monolit și elemente prefabricate) sau în cazul structurilor verticale integral monolite (clădiri glisate din beton armat) planșeele din panouri mari se utilizează necondiționat de numărul de niveluri.

Avantajele utilizării panourilor mari prefabricate de planșeu sînt următoarele :

- se elimină cofrajele și susținerile ;
- lucrările pe șantier sînt minime datorită gradului ridicat de prefinisare a tavanelor și prin montarea instalațiilor în panouri, la prefabricare ;
- productivitatea lucrărilor pe șantier este foarte bună și darea în exploatare a construcției se poate face rapid ;
- planșeele din panouri mari asigură o bună comportare la preluarea și transmiterea încărcărilor verticale de pe planșeu, fiind plăci armate pe două direcții și, în general, încastrate pe contur, respectiv elemente continue pe reazemele intermediare ;

— îmbinările de rezistență pe contur ale panourilor mari asigură comportarea planșeului ca diafragmă orizontală rigidă.

Dezavantajele acestor tipuri de planșee sînt următoarele :

— utilizarea panourilor mari de planșeu reclamă tipizarea partiurilor clădirilor, care este posibilă ușor la cele de locuit, dar mai dificilă la alte categorii de clădiri ;

— eficiența economică a planșeelor este condiționată de costul panourilor loco-fabrică, precum și de distanțele pînă la șantier ;

— necesită utilaje și dispozitive mai pretențioase pentru transport și montaj ;

— comportarea mecanică a planșeelor ca diafragme orizontale rigide este condiționată de calitatea și precizia execuției lucrărilor de pozare și a îmbinărilor pe contur a panourilor de planșeu, respectiv de gradul de monolitism, rezistență și rigiditate a conlucrării cu panourile verticale de rezistență ale clădirii.

Dezavantajele enumerate reprezintă, în general, o pondere mică comparativ cu avantajele, motiv pentru care planșeele din panouri mari constituie o soluție eficientă tehnico-economic cu perspective largi de extindere în continuare a utilizării lor.

12.6.4. PLANȘEE CU GRINZI PREFABRICATE DIN BETON ARMAT

Aceste planșee sînt utilizate la clădiri administrative, social-culturale, comerciale și la clădiri industriale, în general, la clădiri cu încărcări și deschideri mari, avînd structura din cadre, pereți portanți sau structură combinată.

Alcătuirea constructivă a planșeelor poate fi realizată în următoarele variante :

- cu plăci, grinzi secundare și grinzi principale ;
- cu plăci și rețea de grinzi-planșee casetate ;
- cu plăci și grinzi dispuse după o direcție ;
- cu grinzi dispuse alăturat.

Grinzile planșeelor se realizează din beton armat la deschideri și încărcări mici și medii, iar la deschideri și încărcări mari se impune ca avantajos tehnico-economic betonul precomprimat. În prezent, majoritatea soluțiilor constructive de planșee cu grinzi prefabricate, cu deschideri mai mari de 6 m și încărcări pe planșee peste 500 daN/m², se recomandă a fi realizate cu grinzi din beton armat precomprimat, întrucît asigură avantajele unei capacități portante ridicate la un consum de beton și oțel redus, micșorîndu-se astfel mult greutatea proprie a planșeului, deci cu efect favorabil asupra structurii verticale de rezistență și a fundațiilor clădirii.

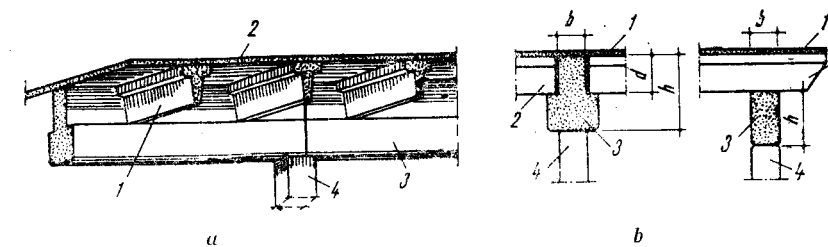


Fig. 12.22. Planșeu din plăci și grinzi prefabricate din beton :
a - vedere; b - secțiuni; 1 - placă prefabricată 2 - grindă prefabricată; 3 - grinda cadrului; 4 - stîlp.

Întrucît planșeele cu rețele de grinzi au un domeniu de utilizare mai restrîns în cadrul construcțiilor civile, se prezintă în continuare structurile cu grinzi dispuse după o direcție (fig. 12.22).

Aceste planșee sînt avantajoase pentru încărcări uniforme distribuite pe planșee pînă la 500 daN/m² și deschideri de maximum 8...12 m, respectiv la clădiri cu cerințe limitate privind forma geometrică a tavanului planșeului brut.

Planșeele cu deschideri și încărcări mai mari se realizează prin dispunerea alăturată a unor elemente tipizate de planșeu, sub formă de grinzi de diferite secțiuni transversale, realizate din beton armat precomprimat (fig. 12.23).

Avantajele planșeelor din grinzi precomprimate sînt următoarele :

- se pot realiza cu deschideri mari și foarte mari ;
- capacitatea portantă este ridicată ;
- asigură tavan nervurat uniform ;
- sînt mai ușoare și mai eficiente economic față de planșeele din beton armat obișnuit ;
- comportarea ca diafragmă orizontală rigidă este bună ;
- prin executarea unui tavan fals se asigură spațiu tehnic pentru montarea mascată a tuturor categoriilor de instalații.

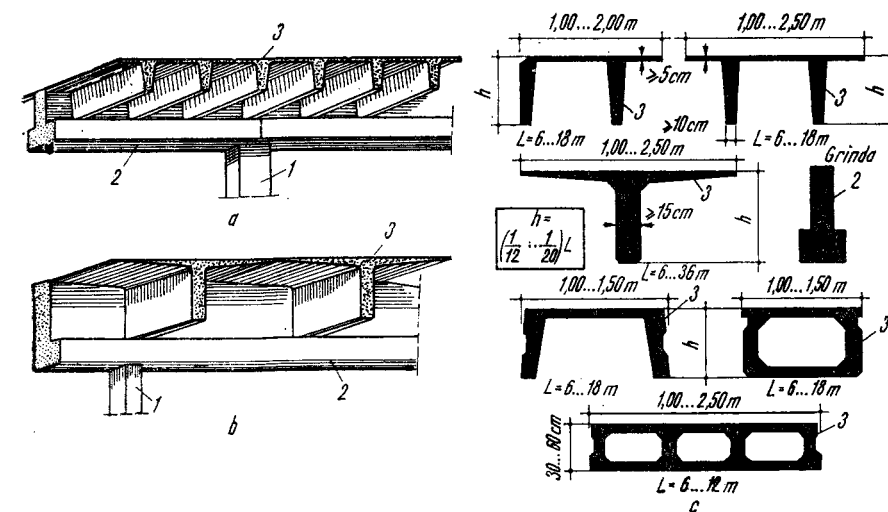


Fig. 12.23. Planșee din grinzi prefabricate din beton precomprimat, greu sau ușor :
a - din grinzi π ; b - din grinzi T; c - secțiuni transversale pentru diferite tipuri de grinzi; 1 - stîlp; 2 - grindă de susținere; 3 - element prefabricat de planșeu.

Dezavantajele acestor tipuri de planșee sînt următoarele :

- prefabricarea grinzilor necesită lucrări de înaltă calificare și condiții de dotare speciale, atît în fabricile de prefabricate, cît și pe șantier pentru montarea lor ;
- pozarea și execuția monolitizărilor pe reazeme a prefabricatelor necesită exactitate și lucrări pe șantier de foarte bună calitate ;
- necesită finisaje de volum mare la tavane ;
- limitarea săgeților din condițiile de exploatare a planșeelor, în cazul deschiderilor mari, necesită suplimentarea secțiunii de beton numai pentru mărirea rigidității la încovoiere a grinzilor ;
- grinzile se comportă mecanic ca elemente independente, deci prevederea golurilor în planșee și preluarea încărcărilor concentrate sînt probleme mai dificile ;
- mărirea gradului de monolitism a planșeului pentru clădiri cu multe niveluri sau amplasate în zone seismice necesită suprabetonarea grinzilor cu o placă din beton armat monolit ;
- descărcarea grinzilor necesită centuri puternice pe pereții portanți, întărirea pereților cu simburii din beton armat sau adoptarea structurii din cadre de beton armat, deci datorită deschiderilor și încărcărilor mari aceste planșee impun tipul de structură verticală a clădirii ;
- rezistența la foc este mai mică comparativ cu structurile din beton armat obișnuit.

12.7. PLANȘEE CERAMICE

Planșeele ceramice sînt alcătuite din nervuri de beton armat și elemente de umplutură din corpuri ceramice cu goluri (fig. 12.24). Întrucît corpurile ceramice ocupă circa 70...90 % din volumul planșeului, se practică denumirea convențională de planșee ceramice. Corpurile ceramice, în general, au rolul de izolare și de transmitere a încărcărilor la nervurile din beton armat care au rolul principal de rezistență în structura planșeului.

Corpurile ceramice se fabrică în diverse tipuri de forme și dimensiuni geometrice, în funcție de alcătuirea constructivă și de încărcarea pe planșeu, de cerințele de izolare termică și fonică și în funcție de gradul de rigiditate cerut planșeului.

Ceramica utilizată trebuie să fie de foarte bună calitate pentru a permite realizarea blocurilor cu pereți subțiri, deci cu un volum cît mai mare de goluri.

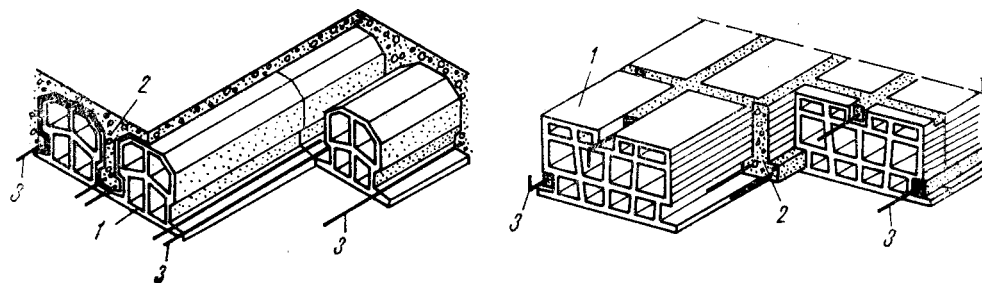


Fig. 12.24. Planșee din corpuri ceramice și nervuri de beton armat :
1 — corp ceramic ; 2 — nervură ; 3 — armătură de rezistență în nervură.

Planșeele ceramice se realizează pe șantier în felul următor :

- cu elemente de inventar se execută o podină de susținere pe care se pozează corpurile ceramice ;
- se armează centurile pe pereți și nervurile între șirurile de corpuri ceramice ;
- se saturează prin stropire cu apă corpurile ceramice, după care se betonează nervurile și centurile planșeului.

Planșeele ceramice se utilizează mai mult la clădiri de locuit, cu pereți portanți din zidărie și cu deschideri de planșee de maximum 5 m. Corpurile ceramice se dispun numai pînă la fața pereților, iar centurile se execută cel puțin de înălțimea planșeului brut și de minimum 20 cm lățime. Nervurile din beton armat se dispun pe deschiderea mică a planșeului și se ancorează bine în centuri.

Corpurile ceramice se verifică ca elemente simplu rezemate pe nervuri, iar nervurile se calculează ca elemente simplu rezemate pe pereți. În cazul cînd planșeul se suprabetonează cu o placă continuă din beton armat, acesta se va calcula similar cu planșeele placă cu nervuri dese.

Scurtarea duratei de execuție a planșeelor ceramice se obține prin alcătuirea lor din fișii prefabricate realizate prin alăturarea corpurilor ceramice, montarea armăturii și betonarea locașurilor pe fețele corpurilor și a capetelor fișiei (fig. 12.25, a).

Fișiile se pot realiza de tip îngust cu lățimea nominală de 20...40 cm și de tip lat cu lățimea de 40...80 cm, în funcție de tipul de bloc ceramic utilizat. Înălțimea fișiilor este de 15...20 cm pentru lungimi nominale pînă la 4 m și de 20...25 cm pentru fișii de 4...6 m lungime.

Fișiile se calculează ca elemente simplu rezemate cu încărcare uniform distribuită din greutatea proprie a planșeului și din încărcarea pe planșeu care revine unei fișii.

Armătura se dimensionează să preia integral eforturile de întindere din încovoiere, iar eforturile de compresiune din încovoiere și eforturile principale de întindere din forțe tăietoare se verifică luînd în considerare conlucrarea secțiunilor de beton și ceramică ale fișiei.

În general, calculul, dimensionarea și verificarea fișiilor se face la fel ca pentru elementele din beton armat prefabricat, atît la încărcările de exploatare cît și la încărcările de montaj.

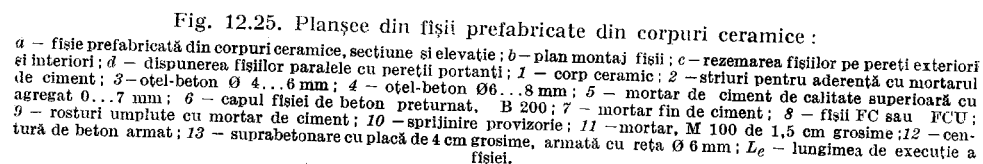
Fișiile prefabricate din corpuri ceramice se pot tipiza astfel :

- *fișie ceramică FC*, pentru planșee care suportă pereți despărțitori de 7,5 cm grosime ;
- *fișie ceramică ușoară FCU*, pentru planșee care nu suportă pereți despărțitori ;
- *fișie ceramică cu suprabetonare FCS sau FCUS*, pentru planșee realizate din fișii peste care se execută o placă continuă de 4 cm grosime din beton armat monolit. Calculul fișiilor cu suprabetonare se efectuează luînd în considerare și placa de beton armat monolit.

În cazul încărcărilor concentrate pe planșee se pot recalcula fișiile și majora corespunzător secțiunea de armătură sau se vor dispune grinzii din beton armat monolit în spațiile anume lăsate între fișii.

Spargerea fișiilor pentru crearea de goluri în planșeu este interzisă, deci în aceste cazuri se vor turna fișii din beton armat monolit în care se prevăd golurile necesare.

Alcătuirea și detaliile constructive caracteristice pentru planșeele realizate din fișii prefabricate din corpuri ceramice sînt prezentate în figura 12.25.



- se recomandă prefabricarea fișilor pe șantier pentru eliminarea dificultăților de manipulare și transport, fișile fiind sensibile la aceste operații;
- execuția pe șantier a fișilor trebuie astfel organizată ca să fie evitate la maximum manipulările și depozitățile intermediare;

Întrucît planșeele integral și parțial prefabricate reprezintă soluțiile moderne, eficiente și de perspectivă sînt prezentate pe scurt cîteva tipuri mai deosebite de planșee.

12.3.1. PLANȘEE DIN PLĂCI ȘI REȚELE DE GRINZI PREFABRICATE DE BETON ARMAT

Rețeaua de grinzi se poate realiza din elemente prefabricate care se armează și asamblează în rețea prin postcomprimare după cele două direcții de dispunere a lor (fig. 12.26, a). Se pot realiza, astfel, planșee casetate, integral prefabricate pentru deschideri și încărcări mari și cu un grad avansat de prefinisare.

12.3.2. PLANȘEE-DALĂ PREFABRICATE DIN BETON ARMAT

Aceste planșee se pot realiza din panouri mari prefabricate dispuse conform figurii 12.26, b. Stîlpul și panoul de tip 1 se pot realiza împreună. Panoul de tip 1 constituie reazeme pentru panourile de tip 2 dispuse după cele două axe ale stîlpilor planșeului. În final, se montează panourile din zona comună a fișilor de cîmp, care pot fi dală plină de aceeași grosime ca și celelalte panouri sau în soluție casetată. Rezemarea se asigură prin execuția panourilor cu praguri, iar îmbinarea între panouri se realizează prin sudarea armăturilor și betonarea rosturilor.

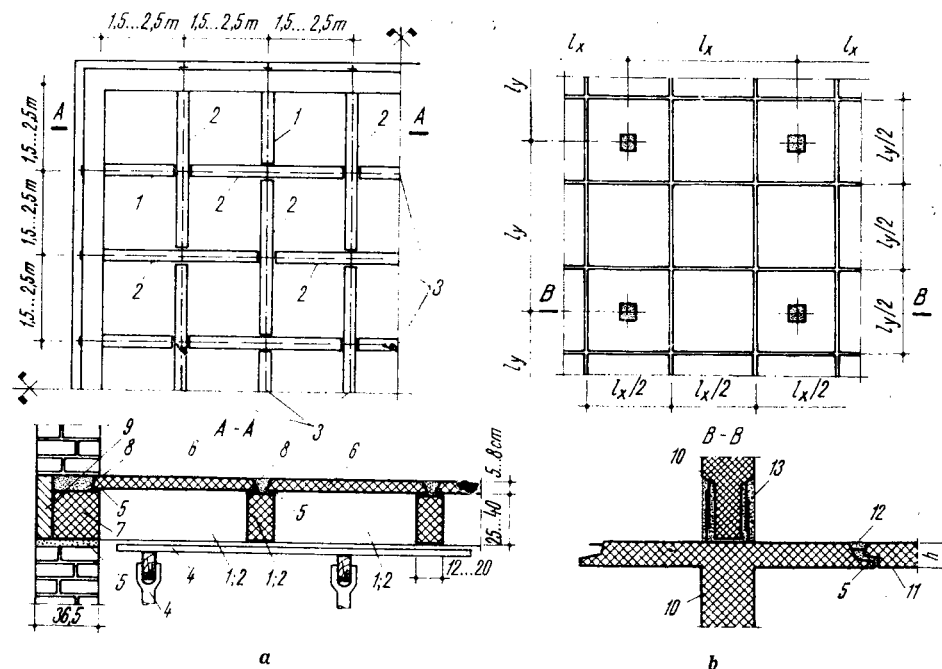


Fig. 12.26. Planșee din prefabricate de beton armat:

a — din plăci și grinzi de beton cu armătură postîntinsă; b — din dale; 1 — grindă prefabricată, tip 1; 2 — grindă prefabricată, tip 2; 3 — direcții de postîntindere; 4 — susținere provizorie cu elemente de inventar; 5 — mortar de poză, M 100; 6 — placă prefabricată; 7 — centură prefabricată; 8 — monolitizare executată în etapa I; 9 — monolitizare executată în etapa a II-a; 10 — stîlp și panou dală; 11 — panou de planșeu; 12 — solidarizarea panourilor de planșeu prin sudarea armăturilor și monolitizarea rosturilor; 13 — monolitizarea stîlpilor.

12.3.3. PLANȘEE PREFABRICATE DIN BETON ARMAT LA CLĂDIRI CU MULTE NIVELURI EXECUTATE CU TEHNOLOGII SPECIALE

La aceste clădiri, structura verticală de rezistență este realizată din rețea de stîlpi sau din rețea de stîlpi și nuclee (casa scării și lifturile) din beton armat.

Stîlpii se pot realiza prefabricați sau turnați monolit în cofraje glisante. Nucleele, de regulă, sînt turnate monolit în cofraje glisante. Planșeele, în general, sînt de tipul dală din beton armat.

Clădirea se realizează în felul următor:

— se execută structura verticală de rezistență pe o înălțime de 4 sau 5 niveluri, iar la sol (sau pe planșeu peste subsol) se execută planșeele dală în pachet de 4 sau 5 bucăți;

— cu ajutorul unor dispozitive mecanice montate pe capetele stîlpilor și ale nucleelor se liftează planșeele, cîte unul;

— după liftare la poziție, se fixează pe stîlpi și nuclee piesele metalice de rezemare ale planșeelor;

— se execută sudurile între piesele metalice înglobate în dală și piesele metalice de pe reazeme;

— se montează armăturile și se betonează rosturile între dală și stîlpi și între dală și nuclee;

— se continuă execuția structurii verticale, iar pe ultimul planșeu dală montat se execută un nou pachet de planșee, care apoi se liftează, ș.a.m.d. pînă la terminarea clădirii (fig. 12.27).

Aceste clădiri se pot realiza prin execuția întregului pachet de planșee dală la sol și liftarea lui concomitent cu glisarea structurii verticale. În acest caz, toate planșeele se liftează și se pozează începînd de jos în sus cîte un planșeu la fiecare nivel al clădirii.

Clădirile înalte amplasate în zone cu circulație stradală intensă, dacă se cer a fi executate cu parterul cît mai liber, se pot realiza în felul următor:

— structura verticală de rezistență alcătuită din nuclee de beton armat se execută prin glisare pînă la cota finală a clădirii și se montează lifturile;

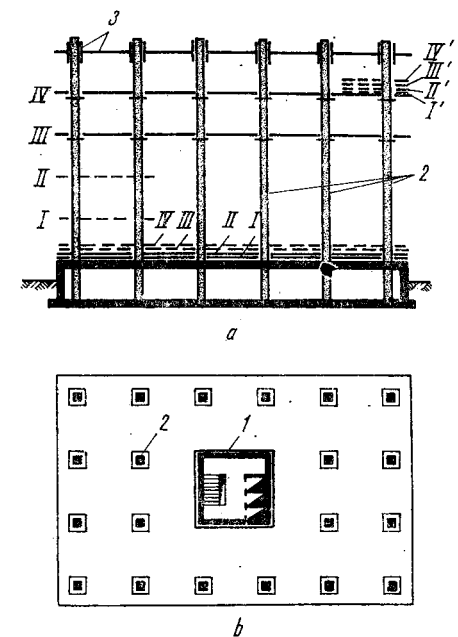
— se execută planșeu terasă de rezistență foarte mare și monolitizat rigid de nuclee;

— se execută planșeele dală la sol, în pachet;

— se ridică cîte un planșeu și se fixează de nuclee și de barele sau cablurile verticale de susținere ancorate în planșeu terasă;

— în final, toate planșeele vor fi suspendate pe contur și fixate rigid de nucleele verticale (fig. 12.28).

Sistemul constructiv se poate realiza și prin rezemarea planșeelor numai pe nucleele centrale. În acest caz, compor-



I, II, III, IV — ordinea de turnare
IV, III, II, I — ordinea de lifare

Fig. 12.27. Planșee lifteate realizate din elemente prefabricate:

a — secțiune verticală; b — plan; 1 — nucleul central pentru casa scării și ascensor; 2 — stîlpi glisați; 3 — cofraj glisant și platforma de lucru.

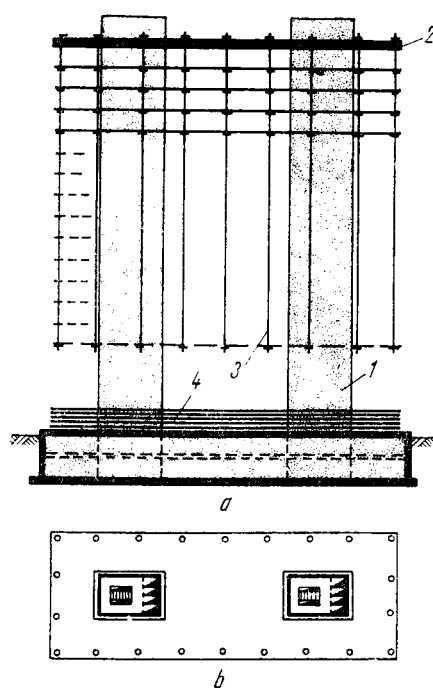


Fig. 12.28. Planșee suspendate la structuri cu nuclee interioare (turnuri, tuburi), glisate: a - secțiune verticală; b - plan; 1 - turn glisat; 2 - planșeu terasă de rezistență înaltă și monolitizat foarte rigid cu turnurile glisate; 3 - sisteme de suspendare a planșeelor (bare-tiranti); 4 - planșee.

12.8.4. PLANȘEE LA CLĂDIRI DIN DIAFRAGME DE BETON ARMAT EXECUTATE PRIN GLISARE

La aceste clădiri, planșeele sînt de tip placă și se pot realiza monolit sau din elemente prefabricate care se montează după terminarea glisării diafragmelor verticale ale clădirii.

În ambele variante, plăcile de planșeu sînt monolitizate rigid cu structura de diafragme verticale, asigurîndu-se prin continuitatea plăcii pe reazeme, caracterul monolit al structurii clădirii (fig. 12.29).

12.8.5. PLANȘEE DALĂ PREFABRICATE PARȚIAL

Pentru eliminarea cofrajelor și pentru obținerea unui grad ridicat de monolitism al structurii, planșeele dală se pot realiza pe șantier în felul următor:

- la sol se execută armarea dalei și se betonează numai o grosime de 5...8 cm;
- după întărirea betonului turnat, această placă numită convențional *predală* se ridică și se susține provizoriu la poziția din proiect;
- se definitivează armarea dalei și se toarnă betonul pînă la grosimea proiectată;

tarea pe contur a planșeului ca o consolă, impune adoptarea soluției constructive din plăci și grinzi din beton armat (eventual precomprimat) sau o structură spațială metalică.

Aceste structuri de clădiri și tehnologii de execuție permit prefabricarea integrală la sol a unui etaj, care se ridică și se fixează, la cotă, apoi se realizează la sol următorul etaj, după care se ridică și fixează sub cel anterior ș.a.m.d.

La proiectare și execuție, o atenție deosebită trebuie acordată dispozitivelor și soluțiilor de prindere pentru ridicare, precum și soluțiilor de rezemare și fixare la cotă (dispozitive, imbinări, monolitizări). Verificarea planșeelor la străpungere în zonele de rezemare este obligatorie, fiind de obicei necesare piese metalice înglobate în dală pentru mărirea secțiunii de forfecare.

Calculul planșeelor se face și în ipoteza de montaj, întrucît schema statică este diferită față de cea din condițiile de exploatare a planșeului.

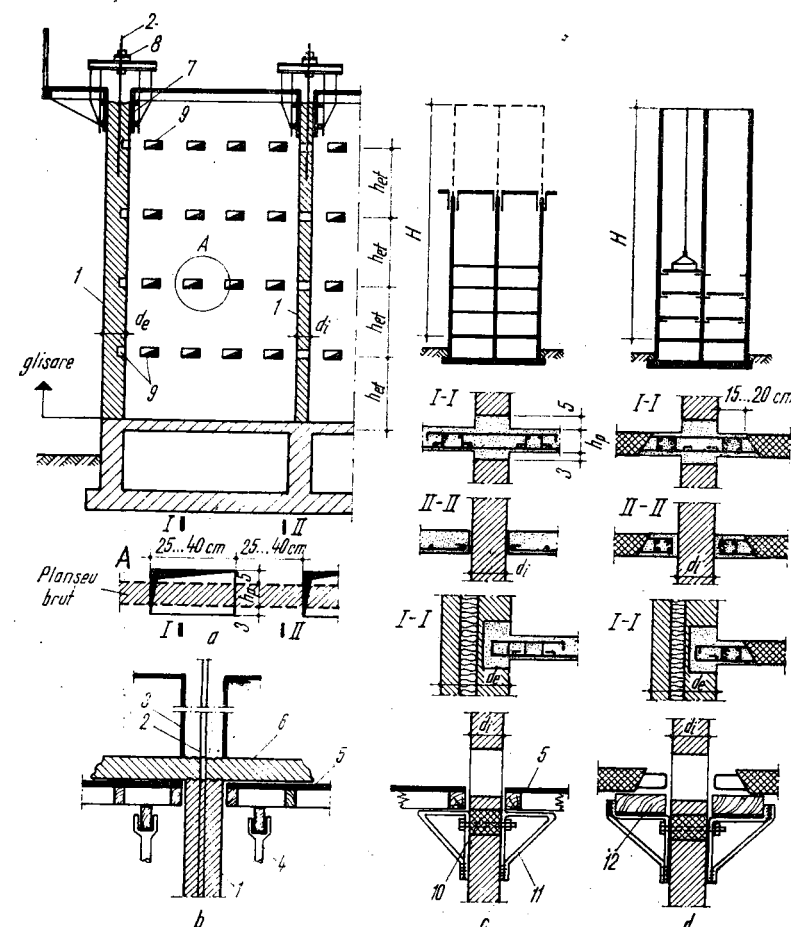


Fig. 12.29. Planșee pentru structuri cu diafragme turnate în cofraje glisante:

a - elevația structurii de rezistență în timpul glisării, cu dispunerea golurilor care se lasă pentru asigurarea continuității planșeelor cînd acestea se execută după glisarea întregii structuri de rezistență; b - detaliu de realizarea planșeului din beton armat monolit, continuu pe pereți; c - schemă, secțiuni și detalii de execuție a planșeului din beton armat monolit, realizat după glisarea pereților; d - schemă, secțiuni și detalii de planșeu prefabricat, montat după terminarea glisării pereților; 1 - pereți glisați; 2 - tije de susținere; 3 - cofraj glisant, ridicat pentru turnarea planșeului; 4 - esafodaj de susținere; 5 - cofraj de inventar; 6 - planșeu monolit; 7 - cofraj glisant și platforme de lucru; 8 - instalație de glisare; 9 - goluri pentru rezemarea și monolitizarea planșeului; 10 - priză prefabricată din beton, cu goluri pentru buloane, înglobată în perete; 11 - consolă metalică de inventar; 12 - dulap din lemn.

— pe planșeul dală astfel realizat, după un anumit interval minim de timp pentru întărirea betonului, se realizează predala pentru planșeul următor ș.a.m.d.

În cazul planșeelor din plăci cu grosimea de 10...14 cm se poate aplica acest procedeu tehnologic prin realizarea plăcilor betonate pe o grosime de 4...5 cm, în fabrici de prefabricate sau pe o platformă la sol, după care se montează în clădire, se completează armarea și se termină betonarea plăcii (fig. 12.30).

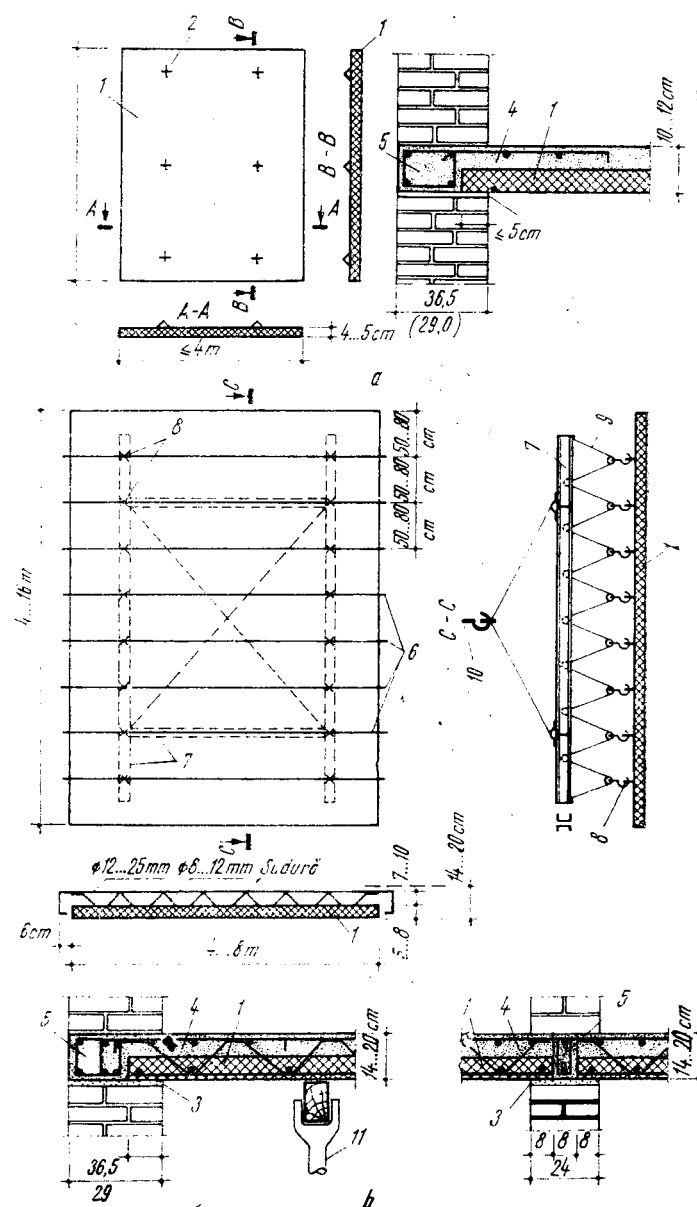


Fig. 12.30. Planșee cu predale prefabricate din beton armat:
a - plan și secțiuni pentru predale de maximum 4×6 m; b - plan și secțiuni pentru predale de maximum 8×16 m; 1 - predală din beton armat, de marcă minimum B200 sau din beton precomprimat de marcă minimum B 400; 2 - agrafe de ridicare, ancorate sub armătura de rezistență a predalei; 3 - mortar de poză M 100, de 2 cm grosime; 4 - beton armat monolit de marca predalei, turnat pe toată suprafața planșeului; 5 - centură din beton armat monolit; 6 - armătură pentru rigidizarea predalei la ridicare și montaj; 7 - element de inventar, cadru metalic rigid, necesar pentru ridicarea predalei; 8 - puncte de agățare la manipulare-ridicare; 9 - cable cu sisteme de scripeti pentru egalizarea tensiunilor la ridicare; 10 - cîrlig de macara; 11 - susținere provizorie.

Acest sistem constructiv de planșeu prezintă certe avantaje, însă la proiectare și execuție necesită o atenție deosebită asupra următoarelor aspecte caracteristice:

- armătura dalei să fie astfel dispusă ca prin rigiditatea spațială a armăturii nebetonate să se asigure rigiditatea necesară predalei pentru ridicare. Se recomandă carcasse sudate și montarea unor agrafe suplimentare de rigidizare;
- alegerea unor dispozitive de prindere și ridicare adecvate astfel ca predala să nu fiureze peste limita admisă;
- efectuarea corespunzătoare a sprijinirii provizorii a predalei.

12.3.6. PLANȘEE DIN GRINZI PREFABRICATE PARȚIAL ȘI CORPURI DE UMLUTURĂ

În cazul planșeelor cu încărcări și deschideri mari, se pune problema de a realiza grinzi cu capacitate portantă mare, fără depășirea înălțimii blocurilor de umplură și cu greutate cât mai redusă pentru a simplifica operațiile de manipulare și motaj.

Se folosesc două soluții constructive mai reprezentative și anume:

- dulapi precomprimați din beton armat cu rol de armătură în grinda monolită turnată între corpurile de umplură;
- grindă cu armătură rigidă sub formă de grindă cu zăbrele cu talpa inferioară betonată pentru a permite montarea corpurilor de umplură.

Aceste sisteme de grinzi parțial prefabricate necesită sprijiniri provizorii pe șantier, întrucât capacitatea portantă proiectată se obține numai după întărirea betonului turnat între corpuri și grinzi.

În cazul când planșeul se suprabetonează cu o placă din beton armat monolit, prin conlucrarea monolită între placă și grinzele planșeului, se obține o comportare mai bună la preluarea încărcărilor concentrate de pe planșeu, precum și un spor substanțial de rigiditate.

12.9. COMPORTAREA MECANICĂ A PLANȘEELOR

Structura de rezistență a unei clădiri este alcătuită din elemente verticale de rezistență (pereți portanți, stâlpi), din elemente orizontale de rezistență (planșee brute, riglele cadrelor) și din fundații.

Acest ansamblu de elemente, numai prin realizarea unor legături și prin asigurarea conlucrării între ele poate alcătui un tot unitar spațial, numit structura clădirii. Structura este de rezistență numai atunci când ansamblul de încărcări verticale și orizontale care acționează asupra construcției poate fi preluat și transmis de la element la element, pînă la fundațiile clădirii care transmit încărcările terenului de fundație.

Structura de rezistență a unei clădiri este corespunzătoare atunci cînd fiecare element component și ansamblul structurii este în măsură să preia și să transmită încărcările maxime care pot interveni pe parcursul exploatării, deci să asigure capacitatea portantă, să nu se deformeze decît numai în limitele admise de condițiile de funcționare și exploatare, deci să asigure rigiditatea și stabilitatea elementelor și a clădirii, să prezinte caracteristici fizico-mecanice favorabile și o comportare mecanică sigură în timp, deci să asigure durabilitatea și siguranța clădirii.

Comportarea mecanică a planșeelor la încărcări verticale și orizontale prin analiza spațială a structurii clădirii este încă dificil de determinat, datorită complexității calculului și datorită numărului mare de factori care trebuie luați în considerare.

Din acest motiv, planșeul se analizează sub două aspecte:

— ca element de construcție sub acțiunea încărcărilor verticale (greutatea proprie și încărcările pe planșeu), ținând cont de condițiile de rezemare și de conlucrare cu elementele verticale pe care reazemă și se descarcă;

— ca element de construcție în ansamblul structurii de rezistență a clădirii, sub acțiunea încărcărilor orizontale exterioare (vânt, seism).

În general, planșeele se dimensionează la încărcări verticale și se verifică la încărcări orizontale.

12.9.1. COMPORTAREA MECANICĂ A PLANȘEELOR LA ÎNCĂRCĂRI VERTICALE

În mod obișnuit, planșeele sînt elemente de construcție dispuse orizontal. Planșeele înclinate se utilizează ca acoperișuri pentru închiderea clădirilor sau ca planșee curente în cazul unor construcții cu destinație specială cum ar fi: săli de spectacole, săli de sport, expoziții etc.; dacă unghiul de înclinare nu depășește 6 grade, planșeul poate fi considerat în calcul ca un sistem orizontal.

12.9.1.1. Încărcări verticale la planșee. Încercările verticale care se iau în considerație la calculul planșeelor sînt: greutatea proprie a planșeului și încărcările care acționează pe planșeu (oameni, mobilier, utilaje, materiale, încărcarea din greutatea proprie a elementelor de construcție purtate care sînt suportate de planșeu etc.). Categoriile de încărcări, valoarea lor, grupările de încărcări și modul lor de acțiune, sînt prezentate în capitolul 3 *Acțiuni în construcții*, cu mențiunea că luarea în considerare a încărcărilor seismice este reglementată prin normativul P13-70.

Încărcările de calcul ale planșeelor se diferențiază astfel:

- încărcări din exploatarea curentă a planșeului;
- încărcări în faza de execuție a planșeului;
- încărcări în faza de manipulare, transport și montaj, care intervin în cazul planșeelor alcătuite din elemente prefabricate.

12.9.1.2. Condiții de rezemare și descărcare. Aceste condiții se referă la rezemarea și conlucrarea planșeelor cu elementele de construcție pe care reazemă: pereți portanți, rigle sau grinzi de cadru etc. (fig. 12.31).

În cazul planșeelor la clădirile civile, din considerente economice și de execuție, condițiile teoretice care definesc simpla rezemare, articulația și încastrarea nu se realizează integral.

În principal, elementele de construcție care alcătuiesc planșeul lucrează pe reazeme ca încastrate parțial, deci în condiții intermediare articulației și încastrării perfecte.

Această comportare este cauzată de următorii factori:

— orice material este deformabil sub acțiunea încărcărilor, deci un element de planșeu nu se poate realiza perfect încastrat, ci va suferi o anumită rotație pe reazem, astfel că încastrarea se realizează numai parțial;

— orice articulație nu este perfectă, întrucît este capabilă de a prelua și un anumit moment încovoiator (excepție fac articulațiile realizate cu piese speciale metalice, utilizate în cazuri foarte rare la planșee);

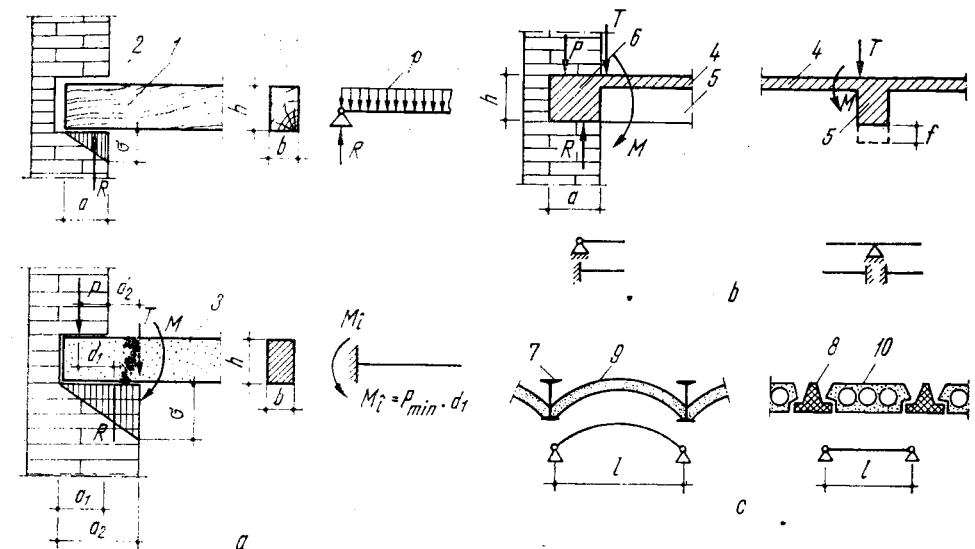


Fig. 12.31. Rezemarea elementelor de planșeu:

a — rezemarea elementelor de tip grindă; b — factorii care condiționează rezemarea elementelor de tip placă; c — rezemarea elementelor de umplutură (secundare); 1 — grindă de lemn; 2 — spațiu liber de ventilație; 3 — element portant de planșeu din beton armat; 4 — placă caracterizată prin rigiditatea sa la încovoiere și prin conlucrarea structurală între placă și centură, respectiv între placă și grindă; 5 — grindă de beton armat caracterizată prin rigiditatea sa la încovoiere și la torsiune și prin gradul de conlucrare structurală între grindă și centură; 6 — centură caracterizată prin rigiditatea sa și prin conlucrarea mecanică care se realizează între centură și perete; 7 — grindă metalică; 8 — grindă prefabricată din beton armat; 9 — bolțișoare din zidărie de cărămidă sau beton; 10 — element de umplutură; f — săgeata din grinzi.

— existența forțelor de frecare în dreptul reazemelor, geometria reazemelor și diversitatea mare a sistemelor de conlucrare între planșee și reazeme îndepărtează comportarea reazemelor de la condițiile teoretice.

Pentru simplificarea calculului, rezemarea elementelor de planșeu se consideră astfel:

— *simplu rezemate*, atunci cînd rotirile pe reazeme sînt posibile, iar momentele de încastrare pe care reazemul le poate prelua sînt de valori practic neglijabile;

— *încastrate*, atunci cînd rotirile pe reazem sînt extrem de mici, momentul de încastrare se poate prelua și transmite integral, iar rigiditatea reazemului este suficient de mare, astfel ca să poată fi considerat practic indeformabil;

— *încastrate parțial*, deci în condiții intermediare simplei rezemări și încastrării.

Aprecierea gradului de încastrare parțială necesită o atenție mare la proiectare și o judicioasă determinare analitică, întrucît solicitările în planșeu determinate cu ipoteza simplei rezemări sau încastrării vor trebui în final corectate în funcție de gradul de încastrare parțial efectiv.

Pe reazemele intermediare (pereți portanți interiori, rigle de cadru), planșeele se consideră continue atunci cînd este asigurată continuitatea de structură a planșeului pe reazeme și implicit cînd reazemele asigură comportarea mecanică a planșeului în condiții de continuitate.

La planșeele realizate din elemente de rezistență de același tip (bolți din zidărie, plăci, dale, panouri, fișii, grinzi dispuse alăturat), fiecare element de planșeu reazemă pe structura verticală de rezistență a clădirii.

La planșeele realizate din elemente diferite (bolțișoare și grinzi; plăci și grinzi; elemente de umplutură și grinzi), elementele principale de rezistență (grinzile)

constituie reazeme (interioare) pentru elementele secundare de planșeu (bolțișoare din zidărie, plăci, elemente de umplutură etc.).

Pentru aprecierea corectă a rezemării planșeelor și a particularităților ce derivă din comportarea mecanică diferită a materialelor de construcții din alcătuirea reazemului și a planșeului, este necesară consultarea normativelor, a standardelor în vigoare și a tratatelor de specialitate, privind construcțiile din zidărie, lemn, beton armat și metal.

12.9.1.3. Preluarea și transmiterea încărcărilor verticale. Zidăria și betonul simplu sînt capabile de a prelua, în principal, eforturi de compresiune, astfel că realizarea planșeelor din zidărie sau beton simplu a impus forma geometrică curbă. Cea mai rațională formă geometrică a bolților și cupolelor este cea de coincidență, în care caz axul geometric al bolții coincide cu poligonul funicular al încărcărilor, respectiv cu curba de presiune. În acest caz, încărcările verticale sînt preluate și transmise numai prin solicitări de compresiune în boltă.

Bolțile de coincidență pot avea o formă continuă numai în cazul încărcărilor distribuite pe planșeu; pentru încărcări concentrate nu se poate realiza o boltă de coincidență. Pentru o încărcare distribuită dată se poate determina analitic forma bolții de coincidență sau pentru o formă de boltă dată se poate determina forma încărcării pentru care se realizează coincidența. În general, se iau în considerare încărcările predominante pe planșeu pentru determinarea formei geometrice de coincidență a bolții.

În cazul încărcărilor parțiale sau concentrate pe planșeu, cit și atunci cînd forma geometrică de execuție se abate de la forma de coincidență determinată analitic, este necesară stabilirea momentelor încovoietoare în diferitele secțiuni ale bolții. În aceste cazuri se recomandă ca devierea de la coincidență să se încadreze în limitele simbului central al secțiunilor bolții, pentru evitarea solicitărilor de întindere.

Metalul și betonul armat sînt capabile de a prelua atît eforturi de compresiune cit și de întindere, deci planșeele pot fi realizate de formă plană, fiind solicitate în principal la încovoiere.

În general, planșeele sînt alcătuite din elemente de tip placă și de tip grindă.

Planșeele simple, fiind realizate din elemente de același tip, se comportă mecanic la încărcări verticale similar cu tipul de element de planșeu utilizat.

Planșeele compuse fiind realizate din elemente de tip diferit, este necesar pentru simplificarea calculului descompunerea structurii planșeului în elementele structurale componente (elemente de umplutură, plăci, grinzi, rețele de grinzi etc.). Descompunerea structurii planșeului se va face în sensul preluării și transmiterii încărcărilor verticale, rezultînd astfel ordinea de importanță și cea de calcul (fig. 12.32).

Cu cit gradul de conlucrare, de continuitate structurală și de monolitism între elementele componente ale planșeului și între planșeu și reazeme (structura verticală a clădirii) este mai ridicat, cu atît comportarea mecanică (solicitări și deformații) a planșeului este mai favorabilă.

12.9.1.4. Solicitări și deformații în planșee. În general, starea de solicitări și de deformații se determină după regulile și metodele mecanicii construcțiilor, considerînd planșeele în stadiul elastic de lucru. În funcție de tipul de planșeu (structură, materiale) este necesar a se avea în vedere particularitățile de calcul precizate în normativele, standardele și tratatele de specialitate privind construcțiile de zidărie, lemn, metal și beton armat. Astfel se analizează: necesitatea luării în considerare a stadiului plastic de lucru, predimensionarea secțiunilor din condiții de rigiditate și stabilitate, deschiderile de calcul în funcție de

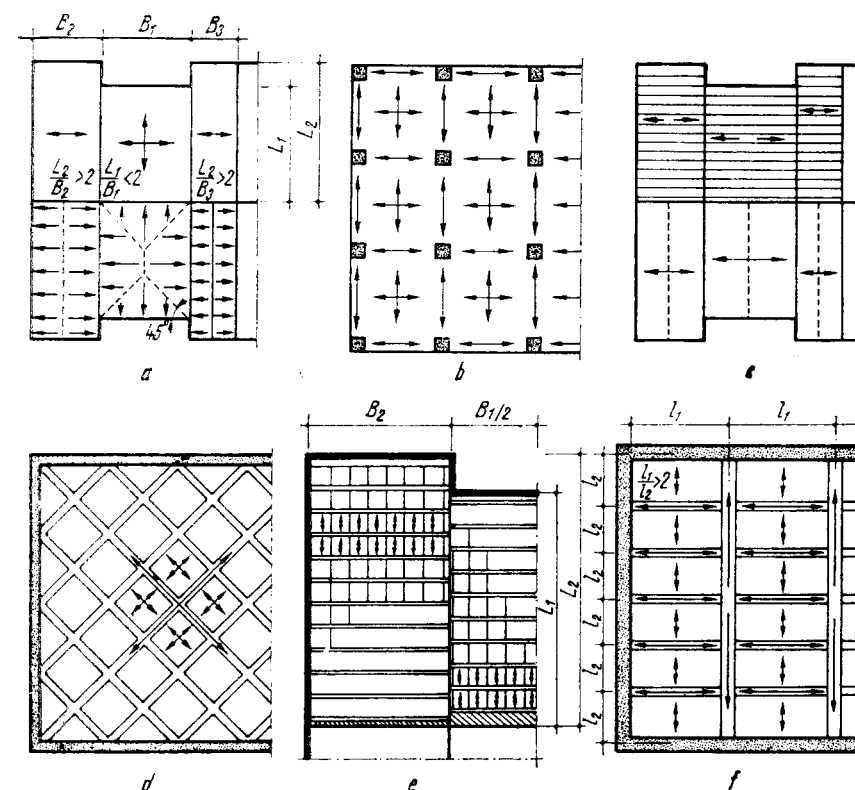


Fig. 12.32. Schema transmiterii încărcărilor verticale:

a — planșeu din plăci; b — planșeu din dală groasă rezemată pe stâlpi; c — planșeu din fisii; d — planșeu casetat; e — planșeu din grinzi și elemente de umplutură; f — planșeu cu grinzi principale și secundare.

condițiile de rezemare, natura conlucrării între elementele de planșeu, ipotezele de încărcare pentru determinarea solicitărilor maxime în secțiuni, influența deformațiilor din încovoiere asupra variației solicitărilor, eforturile de torsiune în grinzi datorită deformațiilor din încovoiere a plăcilor raportul între ipotezele de calcul și comportarea reală a planșeelor în structura clădirii, efectul variațiilor de temperatură, efectul tasării reazemelor etc.

12.9.1.5. Dimensionarea și verificarea planșeelor. Conform reglementărilor în vigoare, dimensionarea și verificarea secțiunilor elementelor de planșeu se efectuează după următoarele metode de calcul:

— metoda rezistențelor admisibile, pentru planșee din lemn;

— metoda stărilor limită, pentru planșee din zidărie, din metal și din beton armat, prin luarea în considerare a stărilor limită ale capacității portante (starea limită de rezistență, starea limită de oboseală în cazul încărcărilor dinamice pe planșeu și starea limită de stabilitate) și a stărilor limită ale exploataării normale (starea limită de deformație și starea limită de apariție și de deschidere a fisurilor, în cazul planșeelor din beton armat).

În ambele metode de calcul și pentru toate tipurile de planșee este necesară verificarea ca deformațiile maxime din încovoiere să nu depășească valorile maxime admise, respectiv planșeele trebuie astfel alcătuite structural și dimen-

sionate geometric, ca rigiditatea efectivă la încovoiere din încărcările verticale să fie mai mare sau la limită egală cu rigiditatea minimă prescrisă.

Valorile prescrise pentru săgețile maxime admise ale planșeelor sînt stabilite din condițiile ce rezultă din comportarea mecanică pe baza ipotezelor metodelor de calcul și din cerințele de exploatare normală a planșeelor privind: gradul de planeitate al pardoselilor, nedegradarea finisajelor tavanului, funcționarea normală a instalațiilor înglobate în structura planșeului etc.

Pentru elementele încovoiate ale planșeelor curente, în funcție de deschiderea de calcul l și de materialul din care sînt realizate, valoarea săgeților maxime admise conform normelor în vigoare sînt următoarele:

- $\frac{l}{250}$, pentru grinzi din lemn;
- $\frac{l}{400}$, pentru grinzi principale din metal sau din beton armat și $l/300$, pentru celelalte grinzi;
- $\frac{l}{200}$, pentru planșee din beton armat cu tavanul plan și cu deschiderea l , pînă la 7 m și $l/300$, pentru deschideri mai mari de 7 m;
- $\frac{l}{200}$, pentru planșee din beton armat cu nervuri, cu deschidere l mai mică decît 5 m; $l/300$, pentru l cuprins între 5...7 m și $l/400$, pentru l mai mare de 7 m.

Pentru toate tipurile de planșee atunci cînd suportă tencuiala tavanului sau cînd sînt tencuite, săgeata maximă admisă este $l/350$.

Stabilitatea locală a planșeelor la încărcări verticale se asigură prin evitarea flambajului elementelor sau zonelor comprimate din alcătuirea planșeului, precum și prin asigurarea condițiilor de rezemare și descărcare corespunzătoare.

Cerințele de stabilitate locală, de rigiditate la încovoiere, de economicitate a structurii planșeului și cerințele de execuție se pot asigura printr-o judicioasă alegere a dimensiunilor secțiunii elementelor de planșeu. Spre exemplu, în cazul planșeelor de beton armat monolit din plăci, grinzi secundare și grinzi principale se fac următoarele recomandări:

- pentru plăci simplu rezemate și continui pe reazeme $h_p = l/35$, unde l este deschiderea plăcii și $h_p = l/40$ în cazul plăcilor încastrate, dar în ambele cazuri $h_{min} = 7$ cm;
- prin grinzi principale înălțimea $h = l/15$ și pentru grinzi secundare $h = l/20$, iar lățimea lor $b = (0,3...0,5) h$.

12.9.2. COMPORTAREA MECANICĂ A PLANȘEELOR LA ÎNCĂRCĂRI ORIZONTALE

12.9.2.1. Încărcări orizontale pe planșee. Încărcările orizontale datorită acțiunii vîntului și cutremurelor asupra construcțiilor se determină valoric și ca mod de acțiune conform cu precizările din capitolul 3 „Acțiuni de construcții”, cu observația că nu se va lua în considerare acțiunea lor concomitentă ci numai cea cu efectul cel mai defavorabil.

12.9.2.2. Rigiditatea orizontală a planșeelor. În structura de rezistență a clădirii, planșeele au rolul de diafragme orizontale care asigură stabilitatea și

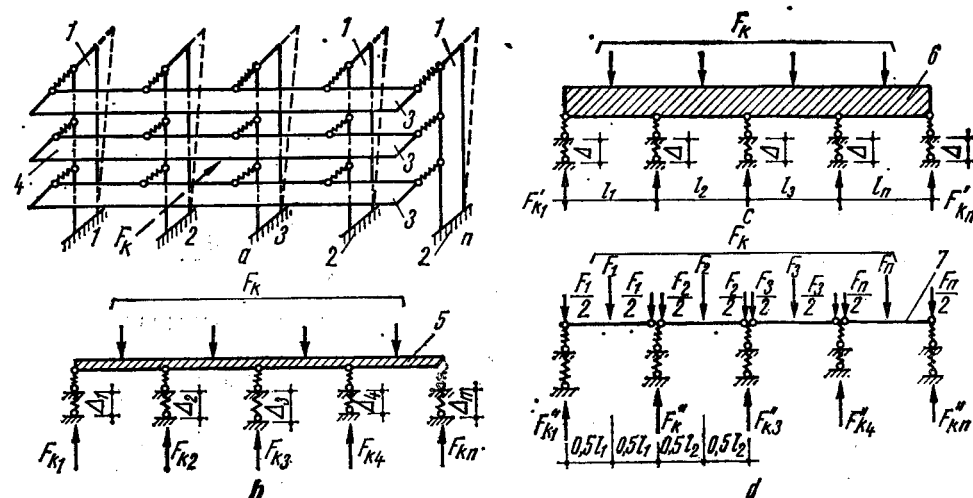


Fig. 12.33. Scheme pentru modul de repartizare a încărcărilor orizontale la diafragmele verticale considerate ca reazeme elastice:

a — reprezentare axonometrică a ansamblului planșee-pereti; b — planșeu cu rigiditate EI , cu $\Delta_1 \neq \Delta_2 \neq \dots \neq \Delta_n$; c — planșeu cu rigiditate infinită, cu $\Delta_1 = \Delta_2 = \dots = \Delta_n = \Delta$; d — planșeu cu rigiditate foarte mică, cînd lucrează ca grindă simplu rezemată pe fiecare deschidere între pereții portanți; 1 — pereți portanți (diafragme verticale); 2 — încastrare la baza clădirii; 3 — planșee (diafragme orizontale); 4 — planșeu k ; 5 — planșeu cu rigiditate orizontală EI ; 6 — planșeu cu rigiditate foarte mare $EI = \infty$; 7 — planșeu cu rigiditate EI foarte mică, în comparație cu reazemele (diafragmele verticale); F_k — încărcarea totală ce revine planșeului k din acțiunea vîntului sau seismului; $F_{k1}, F'_{k1}, F''_{k1}, \dots, F_{kn}, F'_{kn}, F''_{kn}$ — încărcările ce revin diafragmelor verticale la nivelul k din încărcarea de nivel F_k , în funcție de rigiditatea orizontală a planșeelor.

rigiditatea spațială a clădirii și participă la repartizarea încărcărilor orizontale la elementele de construcție verticale și anume la cadre și la pereții portanți (diafragmele verticale).

Ca mod de comportare mecanică în plan orizontal, planșeu poate fi considerat ca o grindă simplu rezemată sau continuă pe reazeme elastice care sînt pereți, cadre sau alte elemente de construcție portante pe care se descarcă planșeele (fig. 12.33).

În condiții identice, rigiditatea maximă pe direcția orizontală o au planșeele din beton armat monolit, apoi urmează planșeele din beton armat prefabricat, iar rigiditatea minimă o au planșeele din lemn. În cazul planșeelor prefabricate din beton armat, rigiditatea orizontală este condiționată în mare măsură de sistemul de îmbinare între elementele prefabricate, între elemente și reazeme, precum și de calitatea execuției acestor îmbinări.

Încercările efectuate în U.R.S.S. pe modele de planșee cu diferite alcătuiri constructive au pus în evidență rigiditatea diferită a planșeelor pe direcția orizontală; astfel din analiza diagramelor din figura 12.34 rezultă următoarele concluzii:

— la încărcări mai mici decît cele corespunzătoare apariției primei fisuri, rigiditatea cea mai mare o au planșeele monolite, iar rigiditatea cea mai mică, planșeele din lemn. Planșeele prefabricate se încadrează între aceste două limite, cu observația că rigiditatea cea mai mare o are planșeu cu monolitizare între elemente și cu centură pe contur, iar rigiditatea cea mai mică o are planșeu cu pene, fără centură și cu rosturile nemonolitizate. Săgeata orizontală f a planșeului produsă de forța concentrată P aplicată la mijlocul deschiderii se poate deter-

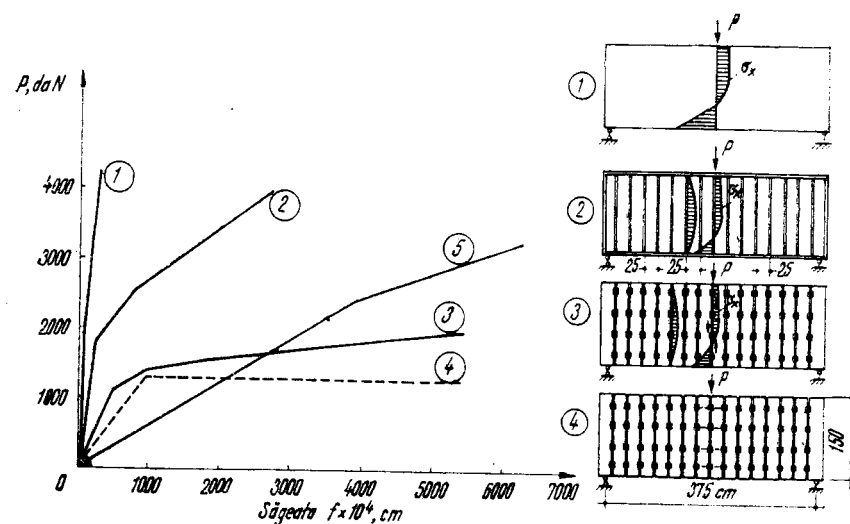


Fig. 12.34. Diagrammele săgeților orizontale la mijlocul deschiderii planșelor încercate, în funcție de valoarea forței concentrate P și de tipul de planșeu: 1 — placă din beton armat monolit; 2 — planșeu din fișii prefabricate din beton armat cu rosturile monolitizate cu mortar și centură din beton armat monolit pe contur; 3 — planșeu din fișii prefabricate din beton armat cu pene și rosturile monolitizate cu mortar, fără centură pe contur; 4 — planșeu din fișii prefabricate cu pene monolitizate, cu rosturile între fișii neumplute cu mortar și fără centură pe contur; 5 — planșeu din lemn, realizat cu căptușeli oblice pe două direcții fixate prin cuie.

mina ținând seama de deformațiile de încovoire și lunecare, ca pentru o grindă simplă rezemată cu o deschidere, la care lucrează toată secțiunea dreptunghiulară.

Dacă se admite $G = 0,425 E$ se poate determina modulul de elasticitate convențional E_{conv} cu relația:

$$E_{conv} = \frac{Pl}{4fbh} \left(\frac{l^2}{h^2} + 2,82 \right), \quad (12.1)$$

în care: b și h sînt lățimea, respectiv înălțimea secțiunii, iar l — deschiderea de calcul a planșeului.

Valorile E_{conv} stabilite cu relația (12.1), pe baza săgeților f determinate experimental, sînt următoarele:

— planșeu monolit	272 000 daN/cm ² ;
— planșeu prefabricat, cu centură și rosturi betonate	86 000 daN/cm ² ;
— planșeu prefabricat fără centură și cu rosturi betonate	18 100 daN/cm ² ;
— planșeu prefabricat cu pene și cu rosturi nebetonate	12 500 daN/cm ² ;
— planșeu din lemn	6 320 daN/cm ² .

Planșeele prefabricate cu centuri din beton armat se comportă cel mai apropiat de planșeele monolite, ceea ce indică utilitatea centurilor la clădirile solicitate de încărcări orizontale.

Rezultatele cercetărilor de laborator, ale măsurătorilor pe clădiri în exploatare precum și verificările efectuate pe bază de calcul, au pus în evidență faptul că planșeele lucrează ca diafragme orizontale cu rigidități diferite, în funcție

de alcătuirea lor constructivă, deci condiționează rigiditatea de ansamblu a structurii clădirii și repartizarea încărcărilor orizontale la elementele verticale de rezistență ale clădirii.

Pe baza criteriului de rigiditate a planșeelor în planul lor (rigiditate orizontală), planșeele se pot clasifica în:

— planșee cu placă monolită continuă: din beton armat monolit; cu predale betonate; cu grinzi parțial prefabricate, corpuri de umplură și suprabetonare generală etc.;

— planșee din elemente prefabricate în îmbinări care reconstituie continuitatea de exemplu: planșee din panouri mari;

— planșee cu rosturi: planșee prefabricate fără suprabetonare generală, realizate din fișii cu goluri, fișii ceramice, din grinzi prefabricate și corpuri de umplură etc.

În general, planșeele cu placă continuă pot fi utilizate în toate zonele seismice. Planșeele cu rosturi se consideră că pot fi utilizate cel mult în zone seismice de gradul 7, numai la anumite clădiri și numai în anumite condiții, conform reglementărilor din *Normativul pentru proiectarea construcțiilor civile și industriale în regiuni seismice*, indicativ $P 13-70$ și a proiectelor tip pentru elemente prefabricate de planșee.

În literatura de specialitate, în funcție de alcătuirea constructivă și rigiditatea orizontală a planșeelor, sînt prezentați valoric coeficienții care se pot lua în considerare la calculul distribuției încărcărilor orizontale de nivel la elementele portante verticale ale clădirii. De asemenea, sînt precizate recomandările privind distanțele maxime între elementele portante ale clădirii și înălțimile maxime ale etajelor, în vederea obținerii unui raport optim între rigiditatea elementelor structurii verticale și rigiditatea orizontală, astfel ca structura în ansamblu să prezinte o comportare spațială corespunzătoare la acțiunea încărcărilor orizontale.

12.9.2.3. Calculul planșeelor la încărcări orizontale. Încărcările orizontale totale din vînt sau seism se distribuie pe înălțimea clădirii sub formă de încărcări concentrate orizontale, cu acțiune la nivelul planșeelor și cu valori conform precizărilor din capitolul 15 și din *Normativul P 13-70*. Aceste încărcări de nivel se repartizează elementelor structurii verticale proporțional cu rigiditățile relative de nivel ale elementelor respective, luîndu-se în considerare și efectul torsiunii cînd aceasta intervine.

În cazul clădirilor cu structura de rezistență din stâlpi și planșee dală, planșeele se comportă mecanic ca rigle de cadru, deci solicitările și deformațiile rezultă din calculul cadrelor înlocuitoare după cele două direcții (transversal și longitudinal).

În cazul clădirilor cu structura din cadre, din diafragme (pereți portanți) sau cu structură mixtă din cadre și diafragme, planșeele se calculează în ipoteza de grinzi sau grinzi-pereți continue pe reazeme elastice.

Acoperitor, se poate admite repartizarea uniformă a încărcării orizontale de nivel, ca mod de acțiune asupra planșeului (fig. 12.35, a).

Reacțiunile la reazemele grinzii echivalente (planșeul) sînt forțele de nivel repartizate structurii verticale a clădirii.

Solicitările planșeului în plan orizontal și anume forțele tăietoare și momentele încovoietoare se determină după metodele staticii construcțiilor, prin

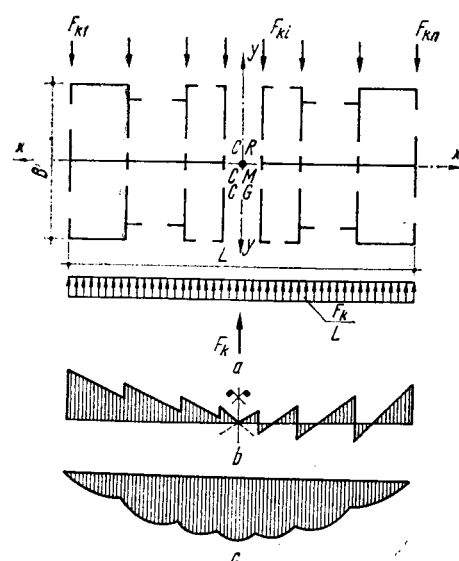


Fig. 12.35. Solicitări în planșeu din acțiunea încărcărilor orizontale:

a - schema unei clădiri cu structură verticală simetrică; b - diagrama forțelor tăietoare la nivelul planșeului k (varianta); c - diagrama momentelor încovoietoare la nivelul planșeului k din acțiunea vântului sau seismului; F_k - încărcarea totală orizontală la nivelul planșeului k; F_{ki} - încărcarea ce revine diafragmei verticale i la nivelul k din încărcarea de nivel F_k ; CR - centrul de greutate al structurii verticale; CM - centrul maselor.

- se verifică la forțe tăietoare planșeul, prin luarea în considerare atât a forțelor tăietoare din încărcările orizontale cât și din cele verticale;
- în cazul planșeelor din beton armat monolit, se verifică necesitatea armării suplimentare transversale și longitudinale.

O atenție deosebită trebuie acordată planșeelor prefabricate pentru: armarea transversală a rosturilor de îmbinare, verificarea la forfecare a penelor de îmbinare și verificarea la compresiune locală a pragurilor, în cazul îmbinărilor cu dinți.

luarea în considerare a direcțiilor de acțiune a încărcărilor orizontale, conform axelor principale ale structurii verticale de rezistență (fig. 12.35, b, c) [2].

Valorile M și T pentru verificarea secțiunilor planșeului vor trebui corectate prin înmulțire cu termenul de corecție $1/m$, unde m este un coeficient prin care se ia în considerare modul de comportare mecanică a planșeului ca diafragmă orizontală cu o anumită rigiditate.

Valorile orientative ale coeficientului m , în funcție de raportul dimensiunilor în plan ale clădirii B/L , de alcătuirea constructivă a planșeului și de direcția de acțiune a încărcărilor orizontale, sînt prezentate în tabelul 12.1.

Verificarea secțiunilor planșeului se efectuează în felul următor:

- se verifică eforturile de întindere și de compresiune din încovoierea planșeului date de încărcările orizontale;
- în cazul planșeelor din beton armat se verifică secțiunea de armare după laturile întinse, respectiv eforturile de compresiune din zonele comprimate;

Tabelul 12. 1.

Direcția de acțiune a încărcării orizontale	Tipul planșeului de beton armat	Raportul dimensiunilor în plan, B/L	Valoarea m
Longitudinal	Monolit; prefabricat	Orice raport	0,8
Transversal	Monolit; panouri prefabricate monolitizate; fișii prefabricate cu suprabetonare monolită	$> 1:5$	0,8
		$\leq 1:5$	0,7
	Prefabricat din fișii	$> 1:2$	0,75
		$\leq 1:5$	0,65

13.1. ELEMENTE DE CONSTRUCȚII PENTRU CIRCULAȚIA PE VERTICALĂ. ROL ȘI IMPORTANȚĂ. SCURT ISTORIC

În cadrul unei clădiri civile se realizează o ordonare a unităților funcționale componente, bazată pe criterii de funcționalitate în scopul desfășurării în condiții optime a proceselor funcționale pentru care este destinată clădirea respectivă, fără a se face risipă de spațiu, dar avînd în vedere existența unor spații de legătură între diversele zone ale clădirii, atât pe orizontală (accese, holuri, coridoare, degajamente etc.), cit și pe verticală (planuri înclinate, scări, ascensoare, esca-latoare, fig. 13.1).

Planul înclinat este elementul de construcție care permite accesul între două cote de nivel, prin circulația pe o suprafață înclinată, avînd panta mică (sub 15°), determinată de exploatarea comodă; se folosesc la săli de spectacole, garaje, rampe de încărcare, adăposturi pentru animale sau pentru accesul între zone cu diferențe de nivel relativ mici (din hol în sala de spectacol).

Scările constituie un ansamblu de elemente de construcție care asigură accesul în clădire și legătura pe verticală între nivelurile clădirii. În afară de importanța funcțională, scările pot avea și rol estetic, în funcție de tipul clădirii.

Ascensoarele asigură circulația numai pe verticală a persoanelor sau a mărfurilor.

Scara rulantă (escalatorul) este o bandă fără sfîrșit, dispusă înclinat, prevăzută cu trepte orizontale normale (fig. 13.2), care se folosește în cazul circulațiilor cu debit mare și la diferențe de nivel relativ mari (magazine universale, accese la pasaje subterane, la stații de metrou etc.); cînd nu se află în mișcare poate fi folosită ca scară obișnuită. Viteza scărilor rulante este de $0,7 \dots 0,8$ m/s și asigură un debit pînă la $9\ 000 \dots 10\ 000$ de persoane pe oră.

Apariția și dezvoltarea scărilor este strîns legată de apariția și dezvoltarea locuințelor; primele scări au apărut la locuințele cu un nivel și serveau pentru accesul din exterior; ulterior, au apărut scările pentru circulația la pod și la subsol (pivnițe). Odată cu apariția etajelor s-a pus problema creării unor scări interioare (sau exterioare) pentru legătura între niveluri.

Condițiile de funcționalitate (lățime, pantă, comoditate, siguranță în circulație etc.) s-au pus mai pregnant la scările folosite frecvent, de exemplu, la cele pentru accesul exterior și la cele de legătură între niveluri (scări principale).

Formele geometrice și performanțele scărilor au evoluat în funcție de posibi-

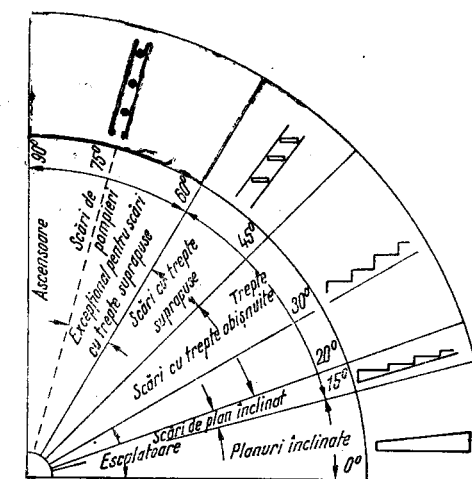


Fig. 13.1. Pantele elementelor de legătură pe verticală.

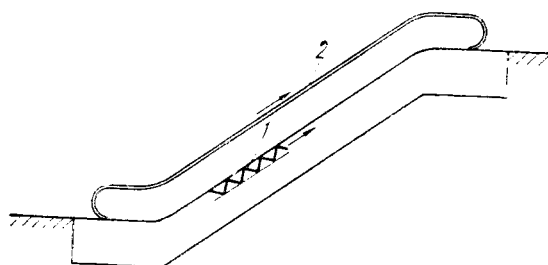


Fig. 13.2. Scară rulantă (escalator):
1 - scară rulantă; 2 - mină curentă.

litățile materialelor folosite: lemnul, piatra naturală, iar mai târziu metalul au permis realizarea scărilor din elemente liniare. Apariția betonului armat a dus la realizarea scărilor din elemente de suprafață cu conlucrare plană și din elemente cu conlucrare spațială.

Astăzi, concepția și realizarea scărilor este legată de importanța construcției, a rolului lor funcțional, a condițiilor de evacuare în

13.2. ALCĂTUIREA ȘI CONDIȚIILE TEHNICE ÎMPUSE ÎN SCĂRILOR

Scările sînt alcătuite dintr-o serie de elemente de construcție care, prin modul de dispunere și prin legăturile lor reciproce sau cu elementele portante ale clădirii formează o structură rigidă, capabilă să asigure preluarea încărcărilor permanente și a celor provenite din circulația oamenilor, transportul mobilierului sau mărfurilor etc. În cazul scărilor exterioare, trebuie să se considere și efectele acțiunilor climatice (încărcări din vînt, zăpadă etc.).

13.2.1. ALCĂTUIREA SCĂRILOR

În general, elementele componente ale scărilor sînt (fig. 13.3):

— *rampa* sau *aripa* scărilor, care reprezintă elementul inclinat de legătura dintre două suprafețe orizontale, denumite *podeste*, situate la cote de nivel diferite; este formată din trepte și din elementul de rezistență inclinat care poate fi o placă, o grindă amplasată pe mijlocul rampei, două grinzi laterale înclinate denumite vanguri etc. În cazul în care treptele sînt fixate direct într-un element vertical de rezistență (perete, stîlp etc.) și lucrează ca niște console, atunci elementul de rezistență inclinat al rampei lipsește și rampa este formată numai din trepte care, de obicei, lucrează independent;

— *treapta* constituie elementul orizontal al rampei, cu lățimea b , iar elementul vertical dintre două trepte succesive, cu înălțimea h , constituie *contratreapta*. Pot exista rampe alcătuite numai cu trepte și lipsite de contratrepte. Lățimea rampei, l , este egală cu lungimea treptelor;

— *vangul* reprezintă marginile libere ale rampei, putîndu-se deosebi vangul interior sau exterior. Dacă o margine a rampei este rezemată sau încadrată în perete, atunci vangul respectiv lipsește. Dacă în lungul vangului se prevede o grindă, aceasta se numește *grindă-vang*.

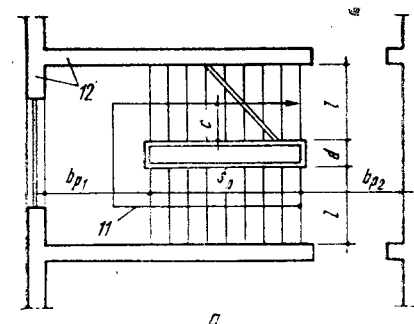
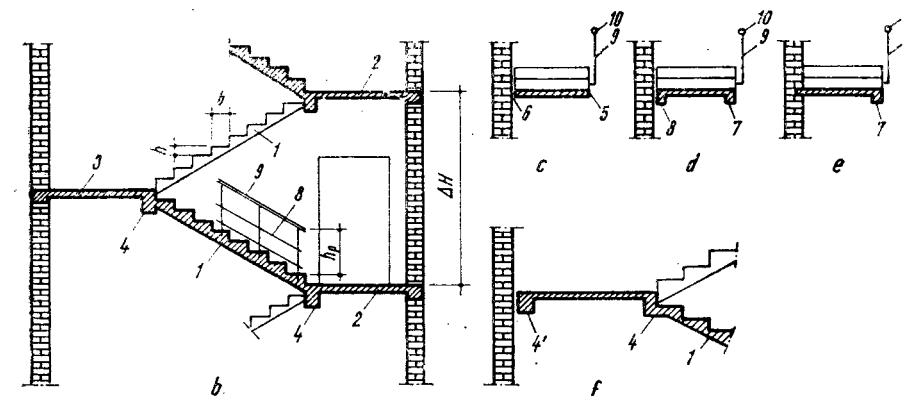


Fig. 13.3. Alcătuirea scărilor:

a - planul unei scări cu două rampe; b - secțiune verticală prin casa scării; c - secțiune printr-o rampă fără grinzi-vang; d - secțiune printr-o rampă cu grindă de vang interior; e - secțiune printr-o podest cu grinzi-podest; 1 - rampă; 2 - podest nivel curent; 3 - podest intermediar; 4, 4' - grinzi-podest, interioară și exterioară; 5, 6 - vanguri, interior și exterior; 7, 8 - grinzi-vang, interioară și exterioară; 9 - balustradă; 10 - mină curentă; 11 - linia pașilor; 12 - pereții casei scării; b - lățimea treptei; h - înălțimea contratreptei; l - lungimea treptei; d - distanța dintre vanguri; b_{p1} , b_{p2} - lățimile podestelor; s_0 - lungimea de desfășurare a rampei; c - distanța de la linia pașilor la parapet (balustradă); h_p - înălțimea parapetului; ΔH - înălțimea de urcare între două niveluri.



— *podestele de nivel* sînt elementele plane și orizontale amplasate la extremitățile rampelor, avînd aceeași cotă de nivel cu etajele clădirii, constituind locurile de acces în elementele de circulație orizontală sau chiar în unitățile funcționale de la etajul respectiv. *Podestele intermediare* permit schimbarea direcției rampelor între două niveluri în scopuri funcționale și de economisire a spațiului și prin întreruperea continuității unor rampe prea lungi constituie locuri de odihnă;

— *grinzile-podest* se prevăd pe marginile podestelor (de regulă, paralel cu treptele), avînd rolul de reazem pentru podeste și pentru elementele de rezistență înclinate ale rampei;

— *balustrada* se prevede pe marginile libere ale rampelor și podestelor ca o măsură de siguranță împotriva căderii persoanelor care circulă sau stăionează pe scări. În același timp servește pentru sprijin la circulația pe rampe, fiind prevăzută cu *mină curentă* realizată din materiale plastice, lemn, metal etc.

13.2.2. CONDIȚII TEHNICE PENTRU SCĂRI

Condițiile capitale, legate de durabilitate, sînt deosebit de importante în cazul scărilor, stabilindu-se ca și acelea pentru structura de rezistență.

În cadrul *condițiilor mecanice* se acordă o atenție deosebită verificării siguranței elementelor de rezistență ale scării, în vederea obținerii unei asigurări raționale a construcției în raport cu stările limită. De asemenea, condițiile de exploatare normală necesită ca să asigure rezistența la uzură a suprafețelor circulare

utilizându-se, în acest scop, trepte cu finisaje rezistente la uzură. Uneori, muchia treptelor este protejată cu oțel cornier, iar suprafața lor este antiderapantă.

Rezistența la foc a scărilor este importantă prin faptul că, în caz de incendiu, scările reprezintă elementul structural care trebuie să reziste pe o durată cât mai mare de timp pentru a permite evacuarea locatarilor din clădire. Pereții casei scărilor (încăperea în care sînt amplasate scările) prin modul lor de realizare trebuie să oprească propagarea incendiului în casa scării.

Rezistența la îngheț-dezgheț este importantă în cazul scărilor exterioare, ale căror elemente și finisaje sînt expuse direct mediului exterior.

Condițiile de confort sînt legate de o serie de factori fizici ce se referă la casa scării: iluminarea (naturală sau artificială), temperatura și viteza aerului, izolarea fonică, ventilația, culoarea finisajelor etc. Confortul termic se asigură prin încălzirea casei scării și realizarea pereților exteriori cu o rezistență suficientă la transferul termic ca și la celelalte unități funcționale. Modul de alcătuire a scărilor și casei scării trebuie să asigure confortul fonic (la zgomot aerian și de impact) în unitățile funcționale învecinate casei scării, iar dacă este cazul, se ține seama și de prezența liftului. În cazul scărilor amplasate în interiorul clădirii, trebuie acordată atenție iluminării și ventilării artificiale a casei scărilor.

13.3. PROIECTAREA FUNCȚIONALĂ A SCĂRILOR

13.3.1. LĂȚIMEA RAMPelor ȘI PODESTELOR

Prin proiectarea funcțională a căilor de circulație se înțelege determinarea lățimii lor minime (lățimea coridoarelor, a podestelor, a rampelor, a ușilor etc.), avînd în vedere cerințele de exploatare optimă, iar în caz de incendiu sau alt pericol, asigurarea evacuării rapide a tuturor persoanelor din clădire. Dimensiunile corpului omenesc în mișcare determină dimensionarea tuturor spațiilor destinate circulației.

Evacuarea persoanelor din clădiri se consideră că se face sub formă de fluxuri (șiruri de persoane așezate una în spatele celeilalte), care circulă prin căile de evacuare spre exteriorul clădirii. Lățimea rampelor și podestelor se determină după nivelul cu cel mai mare număr de fluxuri, fără a se cumula fluxurile care vin de la alt nivel (decît în anumite cazuri). Numărul de fluxuri prin care se evacuează un anumit număr de persoane, se determină cu relația:

$$F = \frac{N}{C}, \quad (13.1)$$

unde: F este numărul de fluxuri rezultat;

N — numărul de persoane care trebuie să treacă prin calea de evacuare, stabilit pe baza partiului de arhitectură și a suprafeței aferente unei persoane;

C — capacitatea de evacuare a unui flux, definită ca numărul total de persoane care se evacuează prin fluxul respectiv, pe toată durata operației de evacuare. Numărul de fluxuri rezultat se rotunjește la numărul întreg imediat superior.

În prescripțiile tehnice se dau o serie de indicații privind capacitatea de evacuare a unui flux, cazurile de suprapunere a fluxurilor de la alte niveluri, lățimea scărilor în funcție de numărul de fluxuri și lățimile minime constructive, numărul de trepte maxim și minim al unei rampe, lățimea minimă a podestelor, înălțimile de siguranță pentru parapete etc., care trebuie respectate la întocmirea proiectelor.

Înălțimea liberă pe căile de evacuare va fi de cel puțin 2,00 m la scările principale și de 1,90 m la scările care conduc în podul sau subsolul clădirii (fig. 13.4). La clădiri monumentale, înălțimea liberă se va stabili după caz, din condiții estetice.

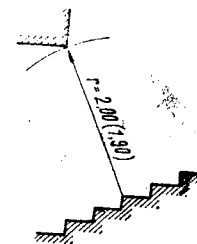


Fig. 13.4. Înălțimea liberă la rampe.

13.3.2. DIMENSIUNILE TREPTELOR ȘI CONTRATREPTELOR

Alegerea dimensiunilor optime ale treptelor și contratreptelor este influențată de anatomia și ecologia umană și se face astfel încît circulația pe rampe să se desfășoare în condiții normale, impuse de mărimea pasului. Totodată, aceste dimensiuni determină panta rampei, element important al confortului circulației.

S-a constatat că pentru a urca comod o scară, între lățimea treptei, b și înălțimea contratreptei, h trebuie să existe relația:

$$2h + b = 62 \dots 64 \text{ cm}, \quad (13.2)$$

(formula pașilor sau relația lui R o n d e l e t).

La clădirile destinate copiilor, relația devine:

$$2h + b = 58 \dots 60 \text{ cm}. \quad (13.3)$$

Pentru a nu fi obositoare, la scările principale se recomandă o contratreaptă de 15 ... 17 cm, rezultînd o treaptă de 34 ... 28 cm, corespunzătoare pentru a oferi o călcătură sigură, cu întreaga talpă a piciorului.

Cunoscînd înălțimea contratreptei, h , numărul de trepte necesar, n între două cote de nivel cu diferența ΔH va fi:

$$n = \frac{\Delta H}{h}, \quad (n = \text{număr întreg}). \quad (13.4)$$

Profilul treptei se proiectează cu rol decorativ, avînd, totodată și un rol funcțional, de mărire a lățimii treptei (fig. 13.5.)

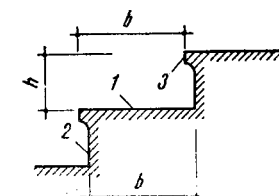


Fig. 13.5. Profilul treptei: 1 — treaptă; 2 — contratreaptă; 3 — clubuc.

13.3.3. AMPLASAREA SCĂRILOR

Amplasarea scărilor se face în contextul general al rezolvării circulației în clădire, ele trebuie amplasate în apropierea intrării și la locurile de intersecție a spațiilor destinate circulației pe orizontală; la clădirile etajate, scărilor sunt amplasate, în general, într-o încăpere denumită *casa scărilor*.

13.4. CLASIFICAREA SCĂRILOR

Scările se clasifică după mai multe criterii.

După funcțiunea ce o au de îndeplinit, scărilor pot fi:

- exterioare, asigură accesul din exterior în clădire;
- interioare, asigură accesul între nivelurile clădirii;
- de incendiu, asigură accesul la interior sau exterior, la diferite niveluri sau pe acoperiș, în caz de incendiu.

După soluția funcțională, arhitecturală și constructivă (destinație), scărilor se clasifică în:

- scări monumentale, din holurile clădirilor pentru spectacole sau cele care deservește intrarea principală în clădiri. Sunt scări largi, au finisaje deosebite și balustrade ornamentate;
- scări principale, deservește fluxul principal de circulație și sunt amplasate lângă intrarea principală;
- scări secundare, amplasate lângă intrarea secundară, au o funcțiune auxiliară (de exemplu, pentru aprovizionare, evacuare gunoi); ele pot deservi și subsolul.

După forma în plan (fig. 13.6), se deosebesc:

- scări cu una sau mai multe rampe drepte, continue sau întoarse;
- scări cu trepte balansate;
- scări cu rampe curbe, continue sau cu podeste intermediare.

După înălțimea contratreptelor, scărilor se împart în:

- scări cu trepte joase, având $h \leq 16,5$ cm;

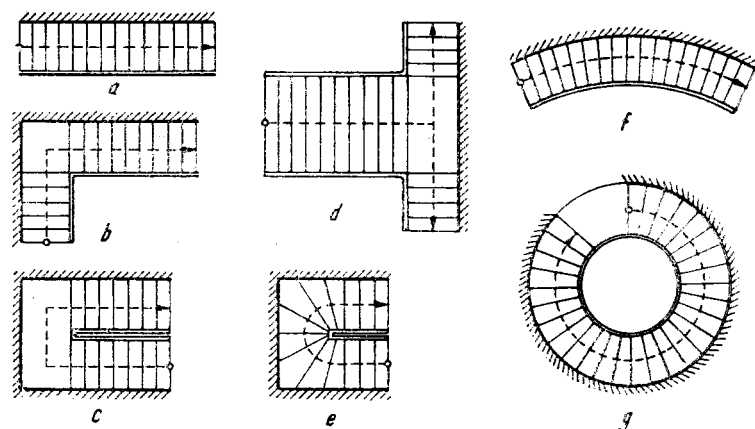


Fig. 13.6. Forme în plan ale scărilor:

a — cu o rampă dreaptă; b — cu două rampe perpendiculare; c — cu două rampe paralele; d — cu trei rampe perpendiculare; e — cu trepte balansate; f — cu rampă curbă; g — cu rampă circulară.

— scări cu trepte mijlocii, având $16,6 < h \leq 17,5$ cm;

— scări cu trepte înalte având $17,6 < h \leq 22,5$ cm.

După materialul utilizat la realizarea lor, scărilor pot fi:

- din piatră naturală;
- din lemn;
- din metal;
- din beton armat turnat monolit sau din elemente prefabricate de beton armat.

După schema statică, se deosebesc:

- scări din elemente liniare (bare);
- scări din elemente de suprafață (plăci);
- scări spațiale.

După modul de comportare la foc, scărilor pot fi: rezistente la foc, semirezistente la foc, semicombustibile sau inflamabile.

13.5. ELEMENTE DE STATICA SCĂRILOR

13.5.1. ÎNCĂRCĂRI

Asupra scărilor acționează încărcări permanente din greutatea proprie a scărilor și încărcări provenite din procesul de exploatare (utile) date de circulația oamenilor, de utilaje și diferite obiecte a căror greutate acționează pe durata transportului pe scări.

Încărcările permanente la scări, în N/m^2 , se stabilesc în funcție de greutatea elementelor de rezistență a rampelor și podestelor, a straturilor de umplutură și de finisajele adoptate. Pentru simplificarea calculului, încărcarea uniform distribuită pe m^2 de suprafață înclinată a rampelor se poate reduce la o încărcare uniform distribuită pe m^2 de suprafață orizontală (fig. 13.7, a, b, c).

Încărcările utile date în STAS 10 101/2 A:1-75 țin cont de posibilitatea aglomerațiilor, reprezentând valori maxime normate în condiții de exploatare. Aceste încărcări au aceeași valoare pentru podeste și rampe, fiind diferite după destinația clădirii, astfel: pentru scările din locuințe, valoarea încărcării utile este de $3\ 000\ N/m^2$ iar pentru scările din clădiri administrative, științifice, culturale, sportive încărcarea utilă este de $4\ 000\ N/m^2$.

Uneori, în special în cazul scărilor cu trepte din elemente independente sau lipsite de contratrepte de solidarizare, scărilor se verifică și la o încărcare utilă concentrată, pe direcția verticală, aplicată în poziția cea mai defavorabilă, a cărei valoare este de $1\ 500\ N$ în cazul scărilor de serviciu destinate persoanelor izolate, scărilor din clădirile de locuit și din instituțiile administrative sau științifice, unde nu există

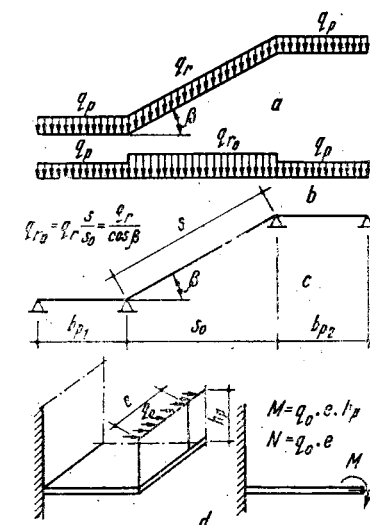


Fig. 13.7. Scheme de încărcare a scărilor:

a — schema încărcărilor permanente uniforme distribuite pe lungimea rampelor și a podestelor; b — schema încărcărilor permanente distribuite pe linia de referință orizontală a rampelor; c — schema statică de principiu a scărilor; d — schema încărcărilor utile uniforme distribuite pe lungimea balustradelor.

posibilitatea unor aglomerări mari de oameni și de 2 000 N în cazurile cînd se pot produce aglomerări mari de oameni.

Balustradele rampelor și podestelor sînt supuse unor încărcări verticale sau orizontale, considerate ca uniform distribuite liniar, N/m și aplicate pe mina curentă (acțiunea orizontală a încărcărilor nu se consideră simultan cu cea verticală). Pentru balustrada scărilor din locuințe se indică o încărcare de 500 N/m, valoare ce ajunge la 1 000 N/m și 1 500 N/m, în cazul balustradelor de scări pentru instituții administrative, științifice (birouri, săli de lectură, de proiectare și de învățămînt etc.), respectiv pentru sălile de spectacole, de sport sau sălile de adunări cu scaune mobile. Încărcările orizontale aplicate pe mina curentă a balustradei acționează asupra rampei, dînd naștere la un moment încovoietor și o forță orizontală în punctul de încastrare a balustradei în rampă (fig. 13, 7, d).

13.5.2. FORME STRUCTURALE DE SCĂRI

Structura de rezistență a unei scări este constituită din ansamblul rigid și stabil al elementelor sale componente. Structura scărilor este legată din punct de vedere mecanic cu elementele portante învecinate ale structurii de rezistență a clădirii (pereți, stîlpi, planșee etc.).

13.5.2.1. Scări din elemente liniare. Sînt caracterizate prin faptul că rampele sînt formate din trepte independente, în sens longitudinal neexistînd legături nici între trepte, nici între trepte și podest. Podestele sînt alcătuite din elemente liniare alăturate sau din elemente plane simplu rezemate.

În funcție de modul de rezemare al treptelor, se disting :

- scări cu trepte simplu rezemate ;
- scări cu trepte în consolă simplă ;
- scări cu trepte în consolă dublă.

Scările cu trepte simplu rezemate au treptele independente, simplu rezemate pe pereții portanți (fig. 13.8, h), pe un perete portant și o grindă-vang (fig. 13.8, a, c, d, i) sau pe două grinzi-vang (fig. 13.8, b, j, k). Grinzile-vang sînt rezemate sau încastrate la capete în pereți portanți din zidărie, în diafragme de beton armat (fig. 13.8, e, g), în stîlpi sau pot rezema pe grinzi-podest (fig. 13.8, f, g).

Treptele pot să fie din beton armat sau din piatră naturală, iar grinzi-vang sînt realizate din beton armat. Aceste tipuri de scări prezintă dezavantajul că grinzi-vang au deschideri mari și că greutatea proprie a treptelor este destul de ridicată, ceea ce conduce la dezvoltarea unor momente încovoietoare mari în grinzi-vang.

La scările cu două grinzi-vang, treptele, grinzile-vang și eventual și grinzile-podest pot fi realizate din beton armat monolit, elemente prefabricate din beton armat, lemn sau metal.

În cazul în care rampa este turnată din beton armat monolit, ea va fi o placă înclinată care lucrează după direcția scurtă iar treptele nu se pot considera elemente independente, ceea ce are avantaje la preluarea încărcărilor concentrate.

Scările cu trepte în consolă simplă (fig. 13.9) au trepte independente din beton armat monolit, elemente prefabricate din beton armat, metal sau piatră naturală, care asigură preluarea încărcărilor prin încastrarea într-un perete portant de zidărie (cu sau fără centură) sau într-o diafragmă din beton armat. Se pot realiza și rampe în consolă de beton armat monolit ; în acest caz treptele nu se pot considera independente.

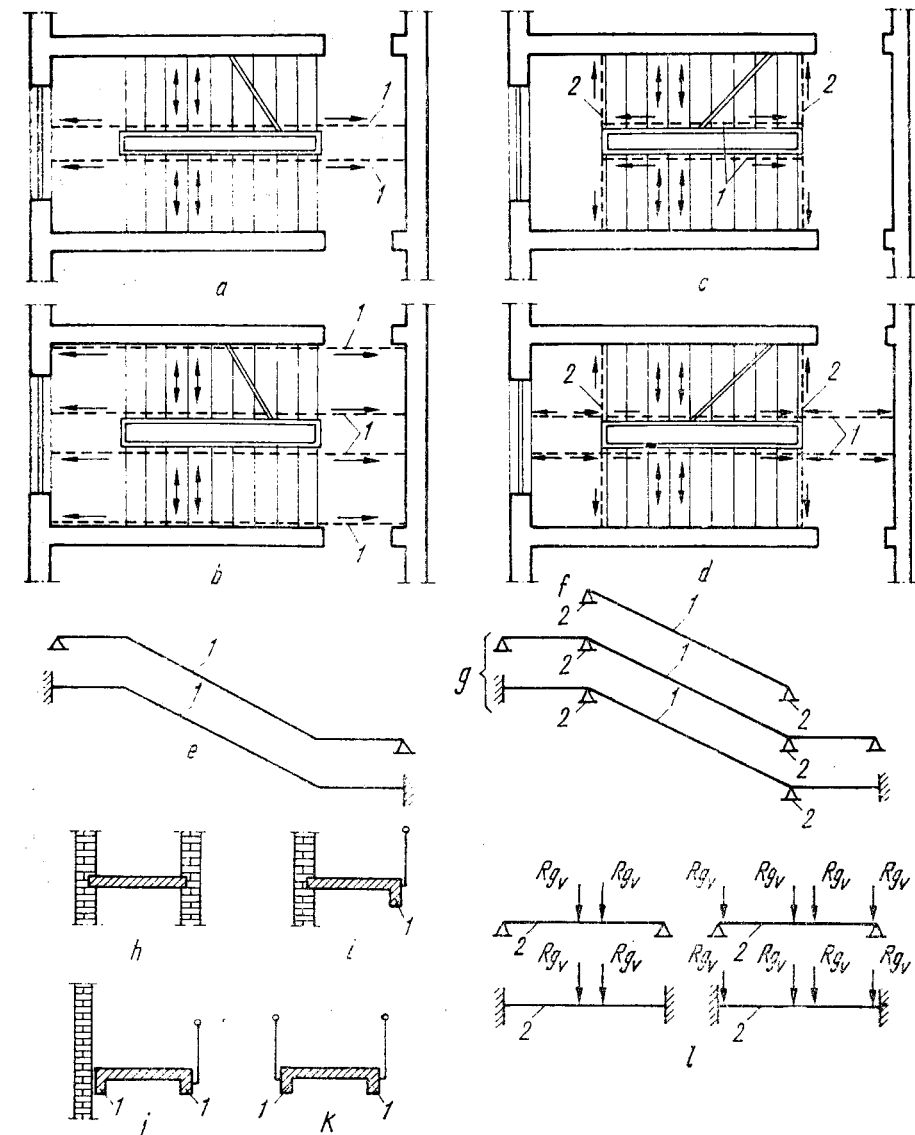


Fig. 13.8. Scări cu trepte simplu rezemate :

a — cu trepte rezemate pe grindă-vang interioară și pe perete portant ; b — cu trepte rezemate pe două grinzi-vang ; c — cu trepte rezemate pe grindă-vang interioară și pe perete portant, grindă-vang rezemată pe grinzii-podest ; d — cu trepte rezemate pe grindă-vang interioară și pe perete portant, grindă-vang rezemată pe grinzii-podest și pe pereți portanți ; e — schema de calcul a unei grinzi-vang care rezemă sau este încastrată în pereți portanți ; f — schema statică a unei grinzi-vang care rezemă pe grinzii-podest ; g — schema statică a unei grinzi-vang care rezemă pe grinzii-podest și este simplu rezemată sau încastrată în pereți portanți ; h — secțiune printr-o rampă care rezemă pe pereți portanți ; i — secțiune printr-o rampă care rezemă pe un perete portant și pe o grindă-vang interioară ; j — secțiune printr-o rampă care rezemă pe două grinzi-vang ; k — scheme de încărcare a grinzii-podest cu reacțiunile din grinzile-vang ; 1 — grinzii-vang ; 2 — grinzii-podest.

Scările cu trepte în consolă dublă (fig. 13.10) sînt alcătuite dintr-o grindă din beton armat, amplasată pe mijlocul rampei și din trepte independente din beton armat, metal sau piatră naturală, încastrate în grinda centrală. Treptele cu consolă dublă, avînd deschiderea de calcul mai mică decît cele cu consolă

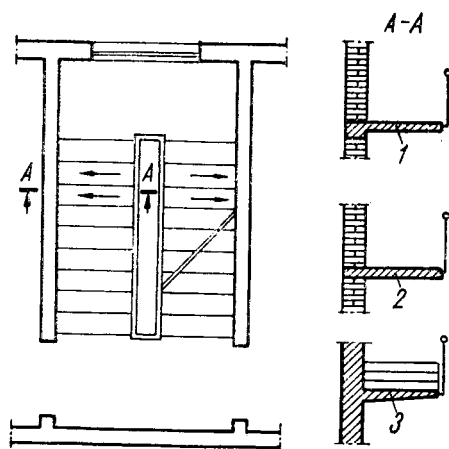


Fig. 13.9. Scară cu trepte în consolă simplă:
1 - trepte independente încastrate în centura de beton armat; 2 - trepte independente încastrate în zidărie; 3 - rampă din beton armat monolit încastrată în diafragmă de beton.

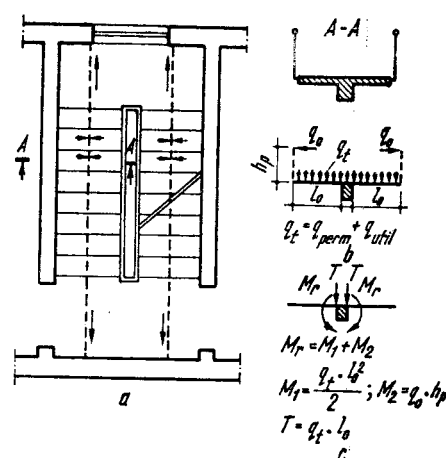


Fig. 13.10. Scară cu grindă frântă pe mijlocul rampei și cu trepte în consolă dublă:
a - plan; b - schema de încărcare a treptelor; c - solicitările treptei la încastrarea în grinda-vang.

simplă, sînt supuse la eforturi mai mici. Momentul încovoiător la încastrarea treptei este:

$$M_r = M_1 + M_2, \quad (13.5)$$

unde M_1 este momentul produs de încărcările gravitaționale uniform distribuite sau concentrate, care acționează pe trepte, în Nm, iar M_2 - momentul produs de încărcarea orizontală care acționează pe balustradă, în Nm.

În cazul încărcării simetrice a treptelor, grinda amplasată central va fi supusă numai la încovoiere, iar în cazul încărcării nesimetrice, grinda va fi supusă și la solicitări de torsiune. Pentru reducerea deschiderii grinzii centrale se pot prevedea grinzi-podest interioare care reazemă pe pereți (v. fig. 13.8, c, d).

Dezavantajul principal al treptelor din elemente liniare îl constituie faptul că transmiterea încărcărilor se face succesiv (în trepte) la toate elementele de rezistență ale scării; astfel, se observă în figura 13.11, a că încărcările permanente și utile acționează pe trepte care le transmit la grinda-vang ce se descarcă pe grinzi de podest sau direct pe pereții portanți; grinzi de podest își transmit reacțiunile la pereții portanți. În acest caz, nu există o conlucrare plană sau spațială între elementele structurii de rezistență a scării. Un mod rațional de transmitere a încărcărilor se realizează la scările cu conlucrare plană sau spațială (fig. 13. 11, b).

Totuși, și la scările din elemente liniare, există cazuri de conlucrare plană, de exemplu, conlucrarea grinzii-vang cu grinda-podest în nodul de intersecție (fig. 13. 12), în care reacțiunea R va avea sensul, în funcție de rigiditățile reciproce ale celor două grinzi (ρ_{gp} și ρ_{gv}).

13.5.2.2. Scări din elemente liniare și de suprafață. În această categorie intră scările cu grinzi de podest, fără grinzi-vang, când plăcile de rampă reazemă numai pe grinzi-podest și lucrează după direcția lungă. Podestele reazemă pe patru laturi, pe trei laturi din care două scurte pe pereți și una lungă pe grinda-podest sau pe cele două laturi lungi (fig. 13. 13).

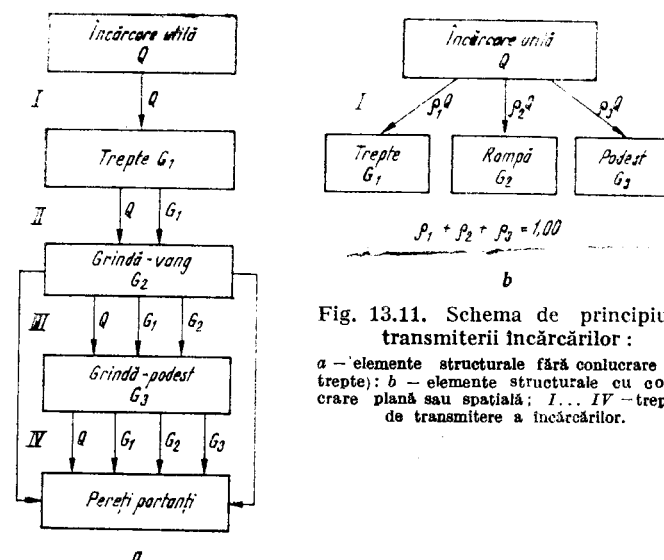


Fig. 13.11. Schema de principiu a transmiterii încărcărilor:

a - elemente structurale fără conlucrare (în trepte); b - elemente structurale cu conlucrare plană sau spațială; I... IV - treptele de transmitere a încărcărilor.

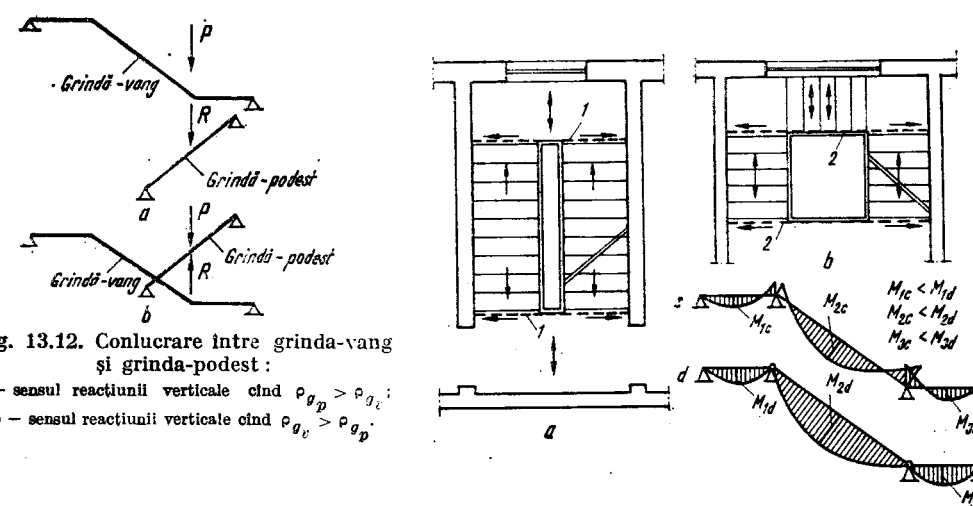


Fig. 13.12. Conlucrare între grinda-vang și grinda-podest:

a - sensul reacțiunii verticale când $\rho_{gp} > \rho_{gv}$;
b - sensul reacțiunii verticale când $\rho_{gv} > \rho_{gp}$.

Fig. 13.13. Scări din elemente liniare și de suprafață:
a - scară cu două rampe; b - scară cu trei rampe; c - diagrama de momente în cazul continuității rampă-podest; d - diagrama de momente când rampa este simplu rezemată pe podest; 1 - grinda-podest; 2 - grinda frântă cu rol de grinda-podest și grinda-vang.

Grinda-podest constituie elementul liniar, iar rampa și podestele constituie elementele de suprafață. Rampa și podestele vor avea conlucrare plană numai în situația în care, la îmbinarea lor, se asigură continuitatea în vederea preluării momentului încovoiător care conduce la micșorarea momentelor încovoiătoare din cimpuri (fig. 13. 13, c).

Aceste scări se realizează din beton armat monolit sau din elemente prefabricate de beton armat. În cazul scărilor prefabricate continuitatea rampei cu podestul se ia în considerare numai dacă îmbinarea lor este capabilă să preia moment încovoiător.

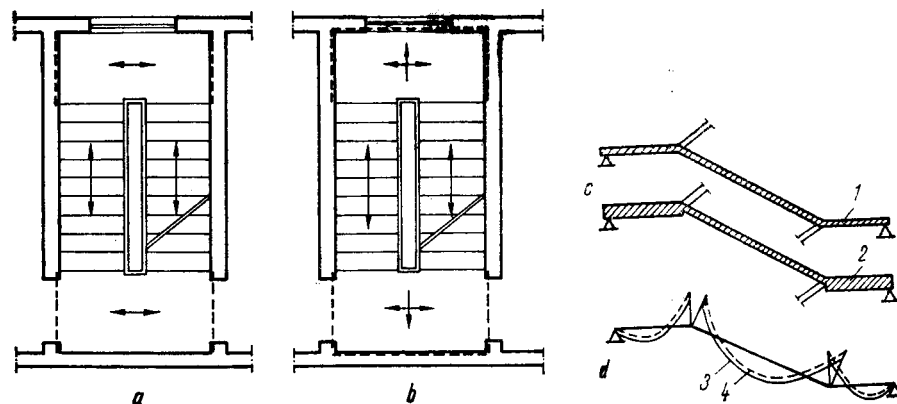


Fig. 13.14. Scări din elemente de suprafață:

a - cu podeste rezemate pe două laturi; b - cu podeste rezemate pe trei laturi; c - schema statică a scârilor; d - diagrama de momente încovoietoare pe rampă și podeste; 1 - podest cu grosimea plăcii egală cu a rampei; 2 - podest dală-groasă; 3 - valorile momentelor încovoietoare pentru podeste cu grosime normală; 4 - valorile momentelor încovoietoare pentru podeste-dală groasă.

13.5.2.3. Scări din elemente de suprafață. Sînt alcătuite numai din rampe și podeste, lipsind grinzile-vang și grinzile-podest (fig. 13.14). Podestele rezemă pe două sau pe trei laturi și se recomandă să aibă continuitate cu plăcile de planșeu, iar rampele conlucrează cu podestele neavînd legătură mecanică cu pereții.

Se menționează faptul că apariția betonului armat a făcut posibilă dezvoltarea concepției ingineresti și realizarea structurilor de scări cu conlucrare plană, a plăcilor armate cruciș a rețelelor de grinzi din beton armat dispuse pe două direcții etc. ceea ce constituie un salt calitativ în tehnica construcțiilor.

Rampele și podestele pot avea aceeași grosime sau podestele pot fi mai groase (fig. 13.14, e).

Prin mărirea grosimii podestelor se poate schimba alura momentelor încovoietoare, stabilindu-se o grosime optimă; îngroșarea rampei nu este justificată deoarece mărește încărcarea pe porțiunea centrală a deschiderii, ceea ce duce la creșterea momentelor încovoietoare.

13.5.2.4. Scări cu rampe ortopoliagonale. Sînt avantajoase prin faptul că înseși treptele și contratreptele, prin continuitatea lor, constituie elementul de

rezistență - rampa (fig. 13.15); s-a reușit astfel realizarea unei concordanțe perfecte între forma structurală și cea funcțională. Spre deosebire de tipurile precedente de scări la care elementul de rezistență al rampei este placa cu intradosul plan, la scările cu rampe ortopoliagonale intradosul are aceeași formă cu extradadosul rampei în trepte.

Ca mod general de alcătuire, aceste scări se pot realiza din beton armat, similar cu cele prezentate în figurile 13.13 și 13.14.

13.5.2.5. Scări cu rampe și podeste chesonate. Au rampele și podestele alcătuite din plăci de formă ortopoliagonală de grosime foarte mică, iar pentru mărirea rigidității scării sînt necesare la marginea plăcii nervuri care au și rol de grinzi-vang (fig. 13.16). Aceste scări se pot executa din beton armat

Fig. 13.15. Scări cu rampe ortopoliagonale: a - fără grinzi-podest; b - cu grinzi-podest.

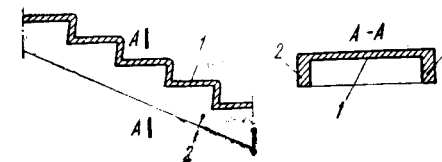


Fig. 13.16. Scară chesonată:
1 - placă frîntă; 2 - nervuri.

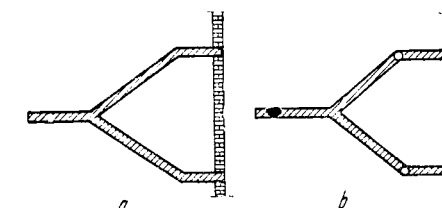


Fig. 13.17. Scări în consolă:
a - cu continuitate între rampă și podestul de nivel;
b - fără continuitate.

monolit sau din elemente prefabricate de beton armat; conlucrarea dintre rampă și podest depinde de îmbinarea realizată între ele (articulație sau îmbinare de continuitate).

13.5.2.6. Scări cu rampe și podeste intermediare în consolă. Sînt scări realizate din beton armat monolit sau din prefabricate de beton armat, la care podestele de nivel sînt rezemate pe două sau pe trei laturi, de cele mai multe ori avînd continuitate cu plăcile de planșeu, iar rampele și podestele intermediare stau în consolă pe podestele de nivel (fig. 13.17). Rampele pot fi încastrate (cu continuitate) sau articulate (fără continuitate) în podestele de nivel. Pentru rezemarea rampelor pe podeste, uneori, se prevăd grinzi de podest. Preluarea încărcărilor se face prin conlucrarea spațială a plăcilor de rampe și de podeste în care se dezvoltă momente încovoietoare pe două direcții, momente de torziune, forțe axiale și forțe tăietoare.

13.5.2.7. Scări curbe cu grindă pe mijlocul rampei. Realizarea unor astfel de scări este posibilă numai în cazurile în care se poate asigura încastrarea capetelor grinzii spațiale de pe mijlocul rampei în pereți din beton armat, în stâlpi liberi sau înglobați în zidărie, în grinzi etc. (fig. 13.18).

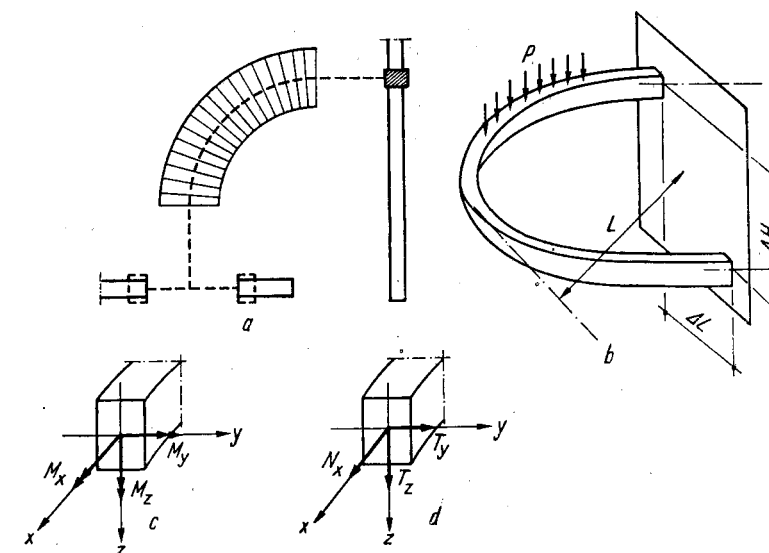


Fig. 13.18. Scară cu grindă curbă pe mijlocul rampei și trepte în consolă dublă:
a - plan; b - grinda curbă spațială; c - momente încovoietoare secționale în grinda spațială;
d - eforturi tăietoare și secționale axiale în grinda spațială.

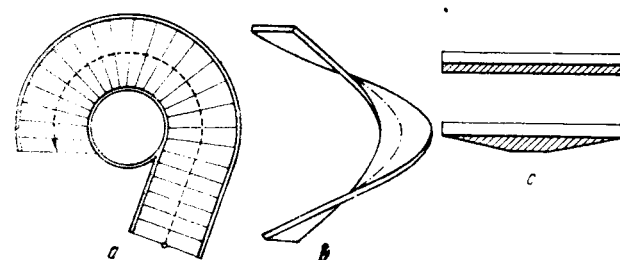


Fig. 13.19. Scară cu rampă elicoidală:
a - plan; b - rampa elicoidală; c - secțiuni prin rampă.

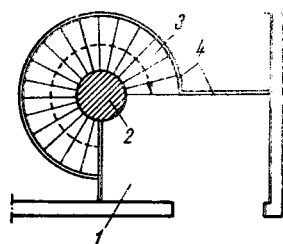


Fig. 13.20. Scară cu pilon central și trepte independente în consolă:

1 - podest de nivel; 2 - pilon central;
3 - trepte încastrate în pilonul central;
4 - balustradă.

Ca mod de transmitere a încărcărilor, se respectă principiul în trepte (v. fig. 13.11, a), însă simplificat prin reducerea numărului de trepte de transmitere și dezvoltându-se în același timp în grinda spațială de pe mijlocul rampei o stare spațială de eforturi prin apariția de momente încovoietoare, M_y și M_z , a unui moment de torsiune, M_x , a forțelor tăietoare (T_y și T_z) și a unei forțe axiale, N_x . Este necesar a se asigura preluarea momentelor din încastrări. Grinda spațială se realizează din beton armat monolit, iar treptele independente din elemente prefabricate de beton armat sau rareori din piatră naturală. Se poate realiza și o rampă continuă din beton armat turnată monolit împreună cu grinda centrală, în care caz placa lucrează în consolă dublă.

13.5.2.8. Scări cu rampa elicoidală. Sînt scări din beton armat monolit cu rampa elicoidală care este o suprafață spațială și totodată un element de legătură a podestelor. (fig. 13.19). Rampa și podestele constituie astfel un singur element spațial, adaptat la maximum rolului său funcțional din punctul de vedere al circulației în ansamblu, lipsind grinzile-podest și grinda-vang.

Starea de eforturi spațială este identică cu cea reprezentată în figura 13.18, c și d, cu deosebirea că în loc să se dezvolte în grindă, se dezvoltă în rampă.

Forma în plan a scărilor poate să fie oarecare (cerc, elipsă, parabolă etc.). Rampa poate să fie obișnuită cu intradosul plan sau ortopolygonal, în care caz adaptarea structurii la funcțiune se face nu numai în ansamblu, ci și din punctul de vedere al formei treptelor.

13.5.2.9. Scări cu pilon central și trepte în consolă simplă. Aceste scări se realizează din elemente prefabricate de beton armat (inclusiv pilonul) sau din metal și sînt alcătuite din trepte independente încastrate în stîlpul (pilonul) central, solicitat de o stare complexă de eforturi (fig. 13.20).

13.5.2.10. Scări cu trepte suspendate. Se realizează prin suspendarea de tavan sau de podestul imediat superior a capetelor libere ale treptelor independente în consolă, micșorînd astfel momentul încovoietor de încastrare, ceea ce permite reducerea secțiunii treptei și simplificarea modului de prindere (fig. 13.21). Se poate realiza pentru treptele acestor scări și schema statică de grinzi simplu rezemate. Avînd în vedere posibilitatea de alungire a firelor, în momentul aplicării încărcării, treptele se realizează cu contrasăgeată, a cărei valoare este în funcție de gradul de încastrare la celălalt capăt. Se menționează faptul că s-au realizat scări drepte și curbe cu trepte independente sus-

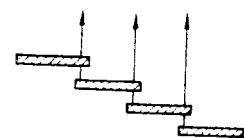


Fig. 13.21. Suspendarea capetelor libere ale treptelor cu tiranți.

pendate la ambele capete fără grinzi-vang; rigiditatea laterală a rampei este asigurată fie cu ajutorul firelor întinse și ancorate între planșeul inferior și cel superior, fie prin realizarea unor legături între trepte, care realizează rigiditatea rampei și comportarea corespunzătoare la acțiunea încărcărilor laterale.

Trebuie subliniat faptul că stabilirea formei structurale a unei scări se determină din considerente funcționale și estetice, în funcție de partiul de arhitectură și de poziția elementelor de rezistență ale clădirii.

În general, forțele axiale de compresiune care se dezvoltă în unele elemente ale scărilor, cum ar fi în rampe, în grinzile-vang sau în grinzile curbe spațiale, au valori relativ mici în comparație cu dimensiunile rezultate din calculul de rezistență la încovoiere, stabilitatea elementelor scării fiind asigurată. Totuși ea merită analizată la structurile de scări care prin forma lor sau prin tipurile de legături pot pune probleme de stabilitate.

În afară de legăturile reciproce, elementele componente ale scărilor au o serie de legături mecanice cu celelalte elemente structurale ale clădirii: cu pereții casei scării, cu stîlpi sau cu planșee. Aceste legături se realizează, de obicei, prin intermediul grinzilor-podest, podestelor, grinzilor-vang sau grinzilor de pe mijlocul rampelor. Realizarea unor legături de tipul articulațiilor sau încastrărilor este în funcție de materialele folosite atît la scări cît și la structura clădirii.

Îmbinările dintre elementele din beton armat monolit ale scării cu elementele verticale tot din beton armat monolit (sau din beton simplu) ale structurii se pot realiza încastrat datorită existenței armăturilor de continuitate, dimensionate din calculul de rezistență, gradul de încastrare determinîndu-se cu ajutorul rigidităților la încovoiere ale elementelor concurente.

În cazul elementelor prefabricate, îmbinările se fac, de obicei, prin simplă rezemare și prin sudarea unor armături dispuse constructiv.

În cazul rezemării pe pereții portanți din zidărie, gradul de încastrare depinde de mărimea relativă a încărcărilor P și T (fig. 13.22), precum și a momentelor $M_s = Pd$ (momentul de stabilitate dat de încărcarea P) și M_i (momentul de încastrare al grinzii-podest, grinzii-vang, grinzii de pe mijlocul rampei sau plăcii de podest). Pe măsură ce încărcarea P și momentul M_s sînt mai mari în raport cu T și M_i , crește gradul de încastrare. În cazul trecerii continue peste reazem, încastrarea este dată de prezența armăturilor la partea superioară a secțiunii de beton. Stabilirea locurilor de aplicare a încărcărilor P și T se face în funcție de modul de rezemare al elementelor pe perete.

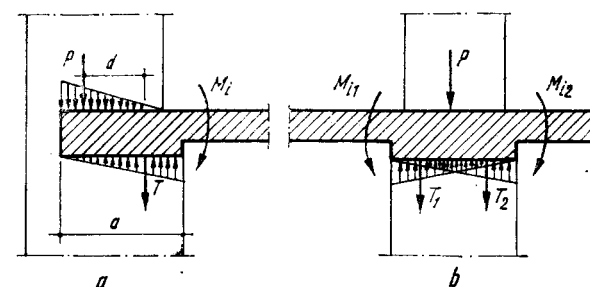


Fig. 13.22. Încadrarea grinzilor și plăcilor în zidărie:
a - reazem de capăt; b - reazem intermediar.

13.6. CASA SCĂRII

S-a arătat că amplasarea scărilor se face în funcție de gruparea unităților funcționale și de rezolvarea generală a circulației într-o clădire.

Din considerente funcționale și de rezistență, la clădirile etajate se urmărește ca scările să fie plasate pe aceleași axe verticale ale clădirii, ceea ce face posibilă delimitarea, prin pereți verticali continui, a casei scării.

În funcție de poziția sa în plan, casa scării poate fi amplasată în interiorul clădirii (la clădiri cu simbur central, la blocuri de locuințe etc.), la margine (blocuri de garsoniere, cămine studențești, hoteluri) sau în exteriorul clădirii propriu-zise (cămine, instituții administrative, cabane).

Având în vedere că în caz de incendiu scările trebuie să asigure evacuarea persoanelor și a bunurilor materiale, este necesar ca pereții casei scărilor, rampele și podestele să prezinte o rezistență suficientă la foc, în funcție de importanța clădirii și de regulă mai mare decât a clădirii respective.

În legătură cu alcătuirea și amplasarea casei scărilor, se recomandă :

— evitarea formării tirajului de aer în casa scării, pentru a limita propagarea incendiului pe verticală (fig. 13.23) ;

— fiecare scară să aibă acces pe planșeul terasă, pentru a se asigura ieșirea în caz de blocare a uneia din scări prin utilizarea scării secundare neblocaute sau a scării exterioare de incendiu ;

— dimensionarea funcțională a scărilor pentru evacuare în caz de pericol, fără a conta pe ascensoare.

Realizarea casei scării implică și unele probleme legate de rezistența de ansamblu a clădirii, printre care se menționează :

— întreruperea continuității planșeelor în dreptul casei scării, fiind necesar a se analiza în ce măsură acest lucru afectează continuitatea și rigiditatea planșeelor în plan orizontal ;

— la clădirile cu pereți portanți din zidărie, pentru a îmbunătăți comportarea mai slabă din cauza întreruperii planșeelor și centurilor, se recomandă prevedea unor stâlpișori (simburi) înglobați în zidărie și centuri puternice pe conturul golului casei scării (fig. 13.24).

— rigiditatea casei scării poate contribui la rigiditatea generală a clădirii, de aceea, în cazurile în care scările sînt amplasate nesimetric, se va considera influența casei scării asupra poziției centrului de rigiditate al clădirii.

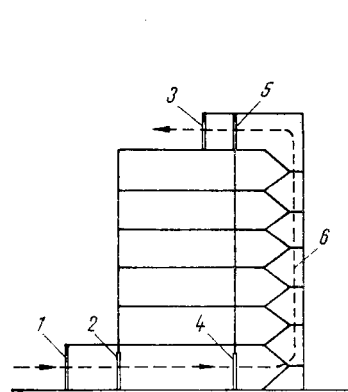


Fig. 13.23. Întreruperea căilor de propagare directă a flăcărilor și a fumului prin tiraj în casa scărilor la clădiri înalte :

1; 2; 3 - pereți cu uși normale; 4; 5 - pereți cu uși batante; 6 - tiraj de aer.

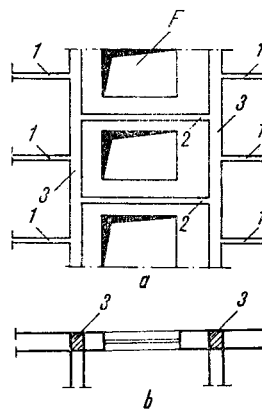


Fig. 13.24. Întreruperea centurilor în dreptul casei scărilor :

a - vedere; b - plan; 1 - centuri normale la nivelul planșeelor; 2 - centuri scurte la nivelul podestelor intermediare; 3 - stâlpi (simburi) din beton armat; 4 - fereastră la casa scării

13.7. DETALII CONSTRUCTIVE ȘI CONSIDERAȚII ECONOMICE PRIVIND PROIECTAREA SCĂRILOR

Detaliile structurale se referă la legăturile mecanice dintre elementele componente ale scărilor sau dintre elementele scării și elementele de rezistență ale clădirii și au drept scop de a realiza integritatea mecanică a structurii scărilor, așa cum ea a fost concepută. Detaliile constructive care nu privesc siguranța mecanică a structurii scărilor, denumite și detalii de finisaj, asigură buna funcționare, confortul și estetica scărilor.

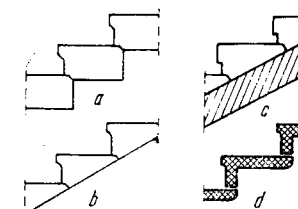


Fig. 13.25. Scări cu trepte independente :

a; b - trepte masive din piatră naturală simplu rezemate la capete; c - trepte masive din beton sau piatră naturală simplu rezemate pe o grindă centrală sau pe placă de rampă din beton armat; d - trepte independente din elemente prefabricate de beton armat.

13.7.1. SCĂRI CU TREPTE INDEPENDENTE DIN BETON ȘI PIATRĂ NATURALĂ

Din cauza rezistenței mici la întindere a acestor materiale, secțiunea transversală a treptelor este dezvoltată, rezultând trepte masive (fig. 13.25, a, b). Prin prelucrare în cazul pietrei naturale, respectiv prin turnare în cazul betonului, se pot realiza diverse forme de secțiuni, în scopul reducerii greutății treptelor, a creării unor forme plăcute dar cu moment de inerție mare pentru a rezista la solicitările exterioare. Treptele se consideră simplu rezemate la capete. În cazul realizării lor din beton armat, secțiunea se poate reduce mult, permițând alcătuirea scărilor fără contratrepte, cu trepte simplu rezemate sau în consolă simplă sau dublă.

13.7.2. SCĂRI DIN LEMN

La executarea scărilor din lemn se recomandă folosirea lemnului de esență tare cu rezistențe mecanice mari. Scările din lemn se pot realiza cu sau fără contratrepte (fig. 13.26). Rezemarea grinzilor-vang pe grinzile-podest se face printr-o îmbinare în prag drept, iar asamblarea se face cu buloane. Pentru o solidarizare bună între trepte și vanguri se poate adopta îmbinarea în coadă de rândunică, iar vangurile se strâng cu ajutorul unor tiranți. În scopul realizării unui intrados plan, se pot fixa de trepte șipci, peste care se aplică tencuială pe trestie.

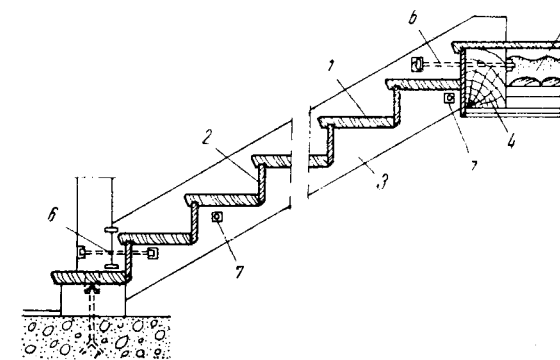


Fig. 13.26. Scară din lemn :

1 - treaptă; 2 - contratreaptă; 3 - vang; 4 - grindă-podest; 5 - subansamblu planșeu; 6 - buloane de prindere; 7 - tiranți.

13.7.3. SCĂRI METALICE

Scările metalice folosite, în special, la construcțiile industriale, se pot realiza cu sau fără contratrepte (fig. 13.27). Pentru unele

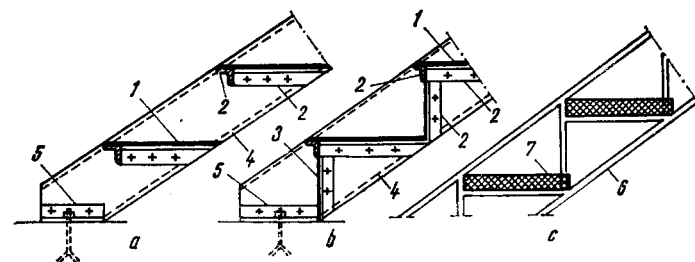


Fig. 13.27. Scări metalice:
a - fără contratrepte, cu treptele realizate din tablă striată; b - cu contratrepte din tablă obișnuită și trepte din tablă striată; c - cu vang din țevi galvanizate și trepte prefabricate din beton armat; 1 - treaptă din tablă striată; 2 - corniere 35 x 35 x 5 sau 40 x 40 x 5; 3 - tablă obișnuită de 1...2 mm grosime; 4 - grindă-vang din oțel laminat; 5 - corniere pentru fixarea grinzilor-vang; 6 - vang din țevi galvanizate sub formă de fermă; 7 - trepte prefabricate din beton armat sau din lemn.

clădiri civile (cum sint cele social-culturale) se folosesc scări din elemente metalice galvanizate (în special grinzile-vang) cu trepte din elemente prefabricate din beton armat, lemn etc.

13.7.4. SCĂRI DIN BETON ARMAT

Scările din beton armat monolit sau din prefabricate de beton armat sînt în prezent cel mai des folosite.

Scările din beton armat monolit (fig. 13.28) se realizează în cazul execuției structurii clădirii din beton armat monolit sau din zidărie și prezintă avantajul că se poate asigura continuitate între elemente prin intermediul armăturilor, ceea ce permite obținerea conlucrării plane sau spațiale.

Scările din elemente prefabricate de beton armat prezintă o serie de avantaje tehnico-economice privind: posibilitatea de realizare a celor mai diverse forme, creșterea productivității muncii și a gradului de finisare etc. Se folosesc, în special, la clădiri tipizate de locuit cu structura de rezistență din prefabricate de beton armat (construcții cu pereți și planșee din panouri mari, cu planșee prefabricate etc.). Practica a confirmat că în prezent scările prefabricate cu rampele și podestele independente (fig. 13.29) sînt deosebit de avantajoase, căci deși se dublează numărul de manipulări, se simplifică mult operațiile de fixare și realizare a îmbinărilor.

Folosirea scărilor din piatră naturală sau din lemn este condiționată de cerințe arhitecturale și de folosirea materialelor locale. Realizarea unor scări din metal inoxidabil și cu trepte din beton armat, lemn etc., cu forme variate și suple și lipsite de contratrepte permite crearea unor efecte estetice plăcute, în special, în cazul holurilor clădirilor publice. Ele se folosesc numai acolo unde realizarea lor este justificată, căci sînt, în general, mai scumpe.

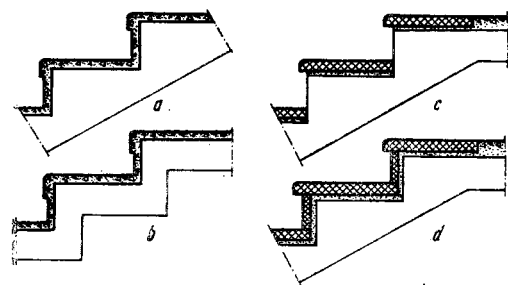


Fig. 13.28. Scări din beton armat monolit:
a - cu placă de rampă și finisaj din mozaic turnat; b - cu rampă ortopoliconală și cu finisaj din mozaic turnat; c - cu placă de rampă și trepte finisate cu plăci prefabricate din mozaic; d - cu placă de rampă și cu trepte și contratrepte finisate cu plăci prefabricate din mozaic.

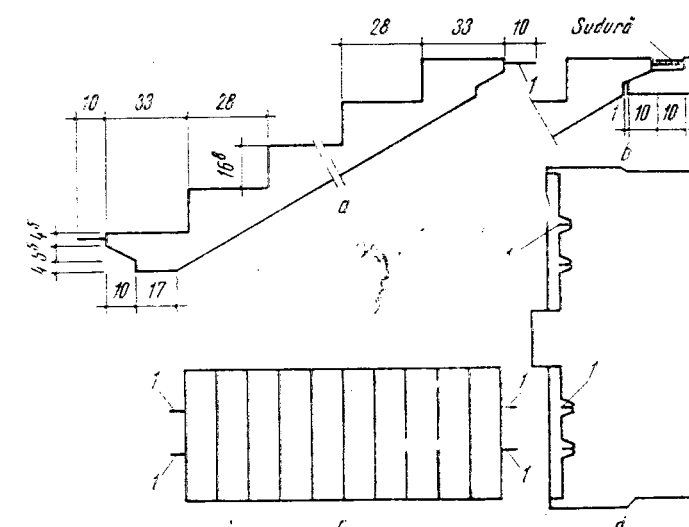


Fig. 13.29. Scară prefabricată din panouri mari:
a - secțiune prin rampă; b - detaliu îmbinare rampă-podest; c - panou mare pentru rampa scării; d - panou mare pentru podest; 1 - mustăți de legătură.

Capitolul 14

ACOPERIȘURI

14.1. FUNCȚIUNILE ȘI PĂRȚILE COMPONENTE ALE ACOPERIȘURILOR

Funcțiunea principală a acoperișului și a părții sale superioare, denumită *învelitoare*, este de a proteja clădirea împotriva acțiunii agenților climatici: vînt, ploaie, zăpadă, grindină și variații de temperatură. Acoperișul poate fi conceput și pentru a asigura suprafețe utile situate peste învelitoare (terasă amenajată ca punct gospodăresc, solar, grădină, restaurant) sau dedesubtul acesteia (mansardă, pod folosibil).

Acoperișurile trebuie să satisfacă cerințe de rezistență la acțiuni mecanice, de izolare termică, hidrofulă și acustică, de rezistență la foc, durabilitate, economicitate și estetică (fig. 14.1). Alcătuirea acoperișurilor se stabilește în raport cu aceste funcțiuni ținînd seama de compartimentarea clădirii, de structura ei de rezistență precum și de condițiile generale ce trebuie asigurate în încăperile ultimului nivel.

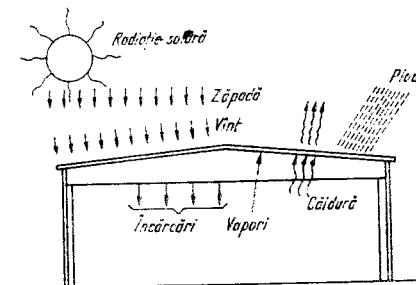


Fig. 14.1. Funcțiunile acoperișului.

În componența acoperișurilor se pot distinge, de cele mai multe ori, următoarele părți principale, diferențiate prin funcțiuni:

- structura de rezistență;
- straturi de izolare termică, pentru asigurarea pantei, bariere contra vaporilor etc.;
- învelitoarea și lucrările anexe (dispozitive de colectare a apelor, de aerisire, ornamente etc.).

Acoperișul se dimensionează la acțiunea încărcărilor, la transmisia căldurii și la difuzia vaporilor de apă și se proiectează în vederea satisfacerii tuturor cerințelor necesare, cu respectarea criteriilor de protecție la incendiu.

14.2. CLASIFICAREA ACOPERIȘURILOR. TIPURI DE ACOPERIȘURI

Pentru clasificarea acoperișurilor se pot adopta diverse criterii: panta folosită, forma acoperișului, comportarea higrotermică, tipul de șarpantă sau de învelitoare etc.

În funcție de panta lor, acoperișurile pot fi:

- înclinate, cu pantă mare (21...150%) sau cu pantă medie (8...20%);
- plate (terase), necirculabile cu pante 2...7% sau circulabile cu pante 1,5...4%.

Pantele acoperișurilor (tab. 14.1) trebuie să corespundă cu tipul de învelitoare pentru a face posibilă scurgerea apelor fără a exista riscuri de infiltrații. La pante mici sînt necesare învelitori continue, etanșe, iar la pante mari, pe lângă învelitori continue pot fi utilizate învelitori discontinue, cu rosturi neetanșe (țiglă, olane, plăci de azbociment etc.).

Formele acoperișurilor sînt extrem de variate, în concordanță cu condițiile impuse de factorii climatici, specificul zonei de amplasare, materialele utilizate, posibilitățile de rezolvare statică etc. (fig. 14.2).

În funcție de forma adoptată, se disting:

- acoperișuri cu suprafețe plane, înclinate (versanți sau ape), rezolvate astfel încît să favorizeze scurgerea apelor meteorice. Intersecțiile versanților formează coame, dolii și creste, a căror poziție se determină grafic prin construcția bisec-toarelor unghiurilor proiecției orizontale a acoperișului (fig. 14.3, a). La forme complicate se delimitează mai întîi un corp principal al acoperișului pe lângă

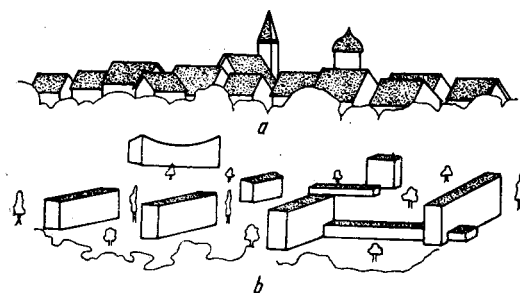


Fig. 14.2. Aspectul acoperișurilor în orașe:
a - în zone cu clădiri vechi; b - în zone cu clădiri noi.

Nr. crt.	Materiale și mod de alcătuire	Pante, cm/m		
		minime	uzuale	maxime
1.	<i>Carton bitumat:</i>			
	a. fixat în cuie direct sau cu șipci pe astereală: — 1 strat	20	25...45	vertical
	— 2 straturi lipite între ele	10	15...25	30
	b. straturi succesive de carton sau pinză bitumată pe suport rigid: — la terase circulabile	1,5	2...3	4
	— alte acoperișuri	2	3	vertical
2.	<i>Țigle din argilă arsă:</i>			
	a. solzi: — așezate simplu	60	70...90	275
	— așezate dublu	45	55...70	275
	b. profilate: — trase	45	55...70	120
	— presate	35	45...70	120
3.	<i>Olane:</i>	25	30...50	70
4.	<i>Ardezic:</i>	35	45...70	vertical
5.	<i>Azbociment plăci:</i>			
	— un strat	45	55...70	vertical
	— două straturi	55	45...70	vertical
6.	<i>Azbociment ondulat:</i>	25	30...50	vertical
7.	<i>Tablă:</i>			
	— cu falțuri duble	7	15...40	vertical
	— cu falțuri orizontale simple și verticale duble	15	30...50	vertical
8.	<i>Tablă ondulată, foi mari:</i>	15	15...40	vertical
9.	<i>Sticlă:</i>			
	— montată cu chit	30	70	vertical
	— montată în suporturi speciale (garnituri de etanșare)	15	25	vertical
10.	<i>Șindrilă, siță (dranișă):</i>			
	— două straturi	60	70	vertical
	— trei straturi	50	60	vertical
11.	<i>Paie, stuf</i>	60	80...120	275

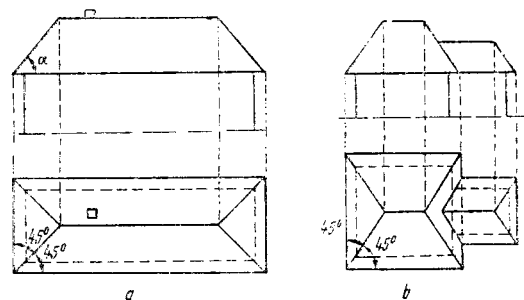


Fig. 14.3. Trasarea coamelor și doliilor la acoperișuri înclinate cu fețe plane:
a — clădire cu un singur corp; b — clădire cu corp anexă.

care se atașează apoi cele secundare (fig. 14.3, b). Pentru acoperișuri plate (terase) împărțirea suprafeței în planuri înclinate se face în raport cu pozițiile gurilor de scurgere, care pot fi dispuse pe conturul exterior (scurgeri exterioare) (fig. 14.4, a...f) sau spre zona de mijloc a acoperișului (scurgeri interioare, fig. 14.4, g, h);

— acoperișuri cu suprafețe curbe, sferice (fig. 14.5), cilindrice (fig. 14.6) sau cu dublă curbura (fig. 14.7);

— acoperișuri tip șed la care geamurile sînt orientate spre nord, direcție în care se obține în tot timpul zilei o lumină uniformă (v. fig. 14.7, a și fig. 14.8). Sînt utilizate la anumite tipuri de hale industriale, la expoziții, ateliere de creație etc.;

— acoperișuri cu luminatoare, folosite la clădiri cu deschideri mari unde iluminarea naturală nu poate fi asigurată prin ferestre (fig. 14.9).

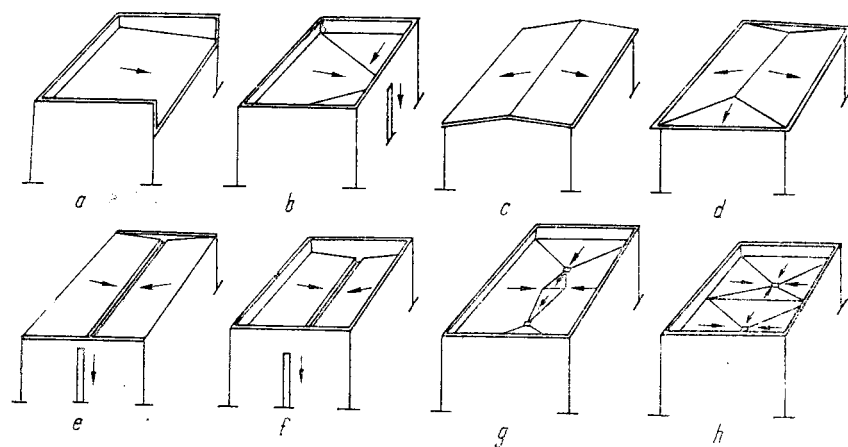


Fig. 14.4. Acoperișuri terasă:
a...f — cu scurgere exterioară; g, h — cu scurgere interioară.

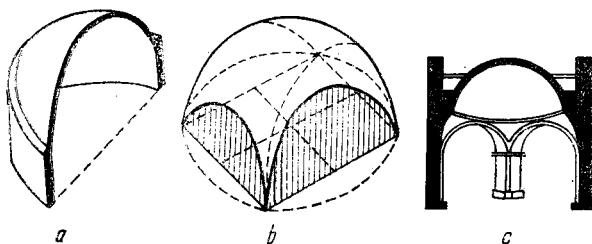


Fig. 14.5. Acoperișuri în formă de cupolă sferică:
a — cupolă simplă; b — cupolă cu timpane; c — cupolă bizantină.

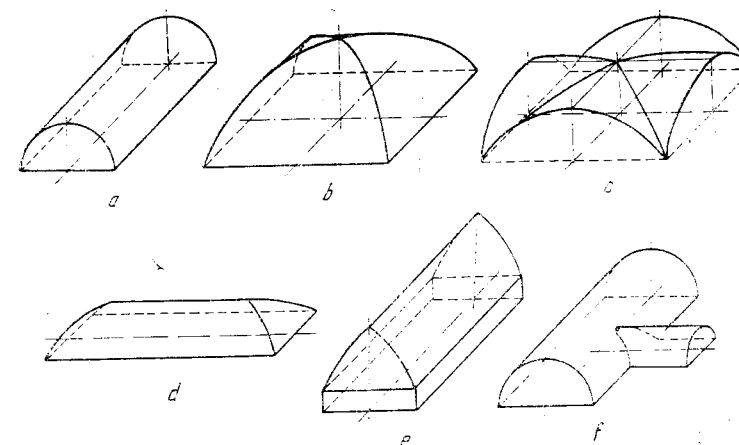


Fig. 14.6. Acoperișuri în formă de boltă:
a — cilindrică; b — mănăstirească; c — romană; d — gotică; e — în leagăn; f — cu lunetă.

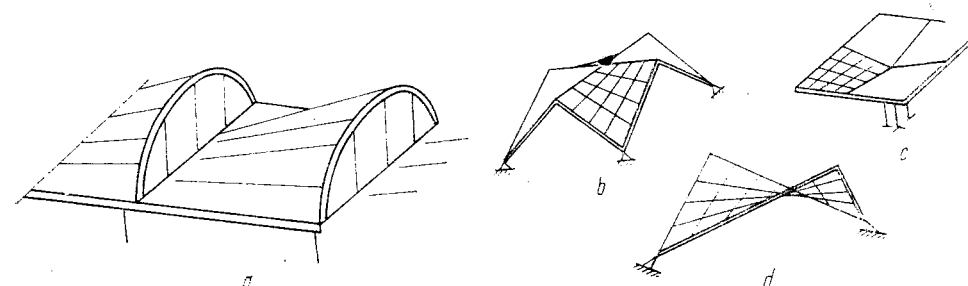


Fig. 14.7. Acoperișuri realizate din suprafețe cu dublă curbura:
a — sed în formă de conoizi; b, c, d — paraboloidi hiperbolici.

Fig. 14.8. Acoperiș tip șed (secțiune longitudinală):
1 — rază de lumină incidentă;
2 — rază reflectată.

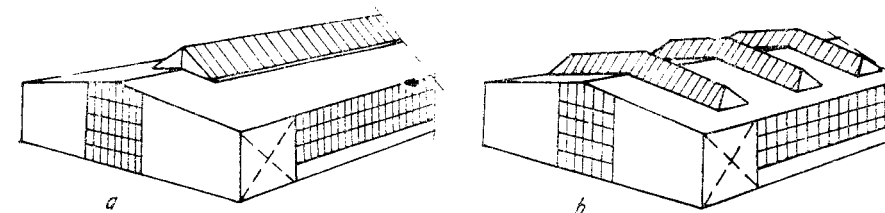
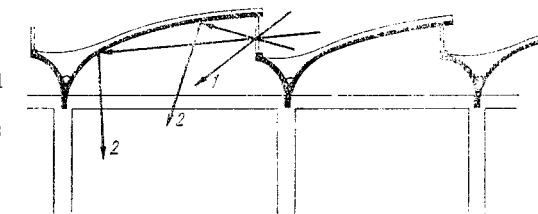


Fig. 14.9. Acoperișuri cu luminatoare dispuse:
a — longitudinal; b — transversal.

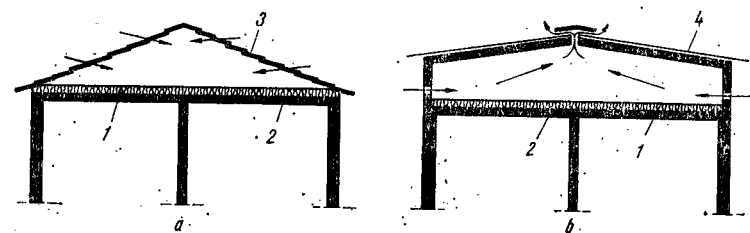


Fig. 14.10. Acoperișuri reci :
a - cu învelitoare permeabilă și pod utilizabil; b - cu pod vizibil ventilat activ; 1 - izolație termică; 2 - planșeu; 3 - învelitoare din țiglă; 4 - învelitoare bituminoasă.

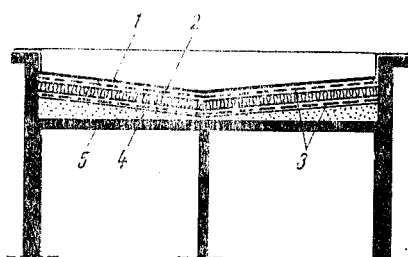


Fig. 14.11. Acoperiș cald neventilat :
1 - izolație hidrofugă; 2 - izolație termică; 3 - barieră de vapori; 4 - beton de pantă; 5 - planșeu.

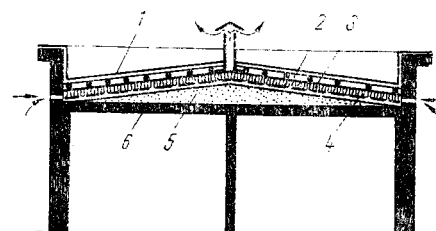


Fig. 14.12. Acoperiș cald ventilat :
1 - izolație hidrofugă continuă; 2 - rețea de canale de aerisire; 3 - izolație termică; 4 - barieră de vapori; 5 - beton de pantă; 6 - planșeu.

Din punctul de vedere al comportării higrotermice, în literatura tehnică se deosebesc:

— *acoperișuri reci*, la care între straturile de izolație termică și izolație hidrofugă există un spațiu ventilat denumit *pod* (fig. 14.10) sau care sunt realizate cu învelitoare discontinuă permeabilă la aer;

— *acoperișuri calde* (fig. 14.11) la care izolația hidrofugă face corp comun cu straturile inferioare ale acoperișului ce îndeplinesc celelalte funcțiuni (izolare termică, pantă etc.). Unele acoperișuri calde, denumite *respirante* sau *ventilate* cuprind o rețea de canale de aerare prin care straturile de sub învelitoare sunt în legătură cu atmosfera exterioară (fig. 14.12).

Potrivit STAS 6472/5-73 acoperișurile pot fi monostrat sau cu strat dublu, ventilate sau neventilate. Acoperișurile reci, ventilate intens, se comportă din punct de vedere higrotermic mai bine decât acoperișurile calde, neventilate sau slab ventilate.

14.3. STRUCTURI DE REZISTENȚĂ LA ACOPERIȘURI

Structura de rezistență este o parte importantă a acoperișului, ce se alege în funcție de deschiderea între reazeme, încărcările preluate și panta învelitorii, rezolvările statice urmărind obținerea unor indici tehnico-economici avanzați. Evoluția structurilor de rezistență ale acoperișurilor în decursul timpului a fost influențată de materialele disponibile, de stadiul cunoștințelor de mecanica construcțiilor și de perfecționarea proceselor tehnologice.

Din punctul de vedere al structurilor de rezistență și al materialelor utilizate, se deosebesc următoarele sisteme constructive principale:

- *structuri masive* de zidărie;
- *structuri cu bare* (șarpante din lemn, metal, beton armat, beton precomprimat etc.);
- *structuri spațiale autoportante* din beton armat, beton precomprimat;
- *structuri suspendate pe cabluri*, caracterizate prin greutate mică.

14.3.1. STRUCTURI MASIVE DIN ZIDĂRIE

În Egiptul antic, acoperișurile se executau din lespezi mari de piatră cu deschideri mici care necesitau mulți stâlpi interiori (fig. 14.13). Stabilitatea acestor structuri era asigurată de greutatea proprie mare și de frecarea dintre blocuri. În Grecia antică, acoperișurile se realizau din grinzi de lemn (fig. 14.14), cu învelitori din plăci de marmură sau ceramică. Romanii au utilizat sisteme evoluat sub formă de bolți simple, bolți încrucișate și cupole din zidărie, acoperișul Panteonului din Roma reprezentând o performanță extraordinară (fig. 14.15). Constructorii din Bizanț au reușit să perfecționeze, în continuare, sistemele de acoperire din zidărie: cupola centrală a fost rezemată pe arce, în loc de ziduri pline, iar împingerile laterale au fost echilibrate de semicupole mai joase, dispuse pe contur (fig. 14.16). Catedralele romane și apoi cele gotice au reprezentat modalități noi de rezolvare a problemei statice a acoperișului, cu ajutorul arcelor cilindrice (stil roman) sau în formă de ogivă (stil gotic) echilibrate lateral de contraforți (fig. 14.17). Acoperișurile cu structură masivă din zidărie nu se mai utilizează dar se întâlnesc la repararea clădirilor vechi.

14.3.2. ȘARPANTE DIN LEMN ȘI METAL

Față de sistemele masive, șarpantele se caracterizează prin greutate mică, consecință a faptului că sunt realizate din bare subțiri, în general articulate, care lucrează numai la eforturi axiale. Barele se execută din lemn sau din metal, materiale cu caracteristici favorabile de rezistență la solicitări de întindere și compresiune, care se pot prelucra convenabil și care se pretează la diverse modalități de îmbinare în noduri.

În alcătuirea unei șarpante se pot distinge, de regulă, următoarele elemente principale:

— *asterea*, care constituie suportul direct al învelitorii, executată din scânduri negeluite, plăci de lemn aglomerat sau din șipci. Se dimensionează la încărcă-

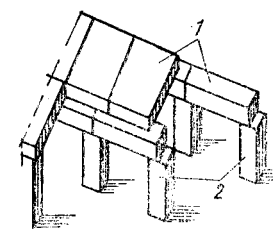


Fig. 14.13. Templu egiptean cu acoperiș masiv de piatră :
1 - lespezi de piatră pentru acoperiș;
2 - stâlpi interiori.

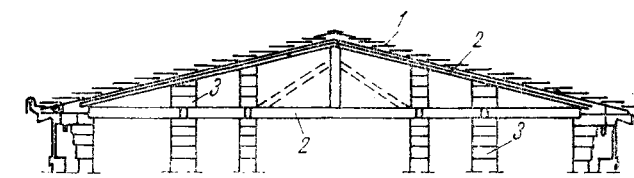


Fig. 14.14. Templu grec (secțiune transversală prin acoperiș) :
1 - învelitoare din țiglă; 2 - grinzi de lemn;
3 - stâlpi sau ziduri din blocuri de piatră.

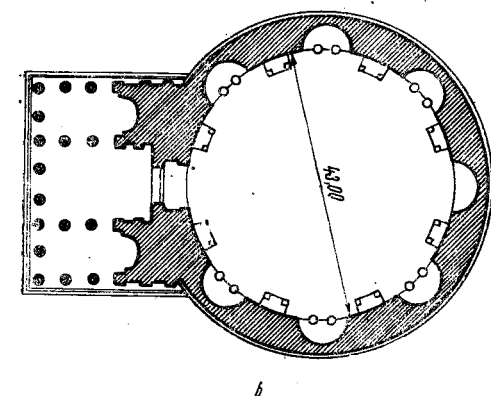
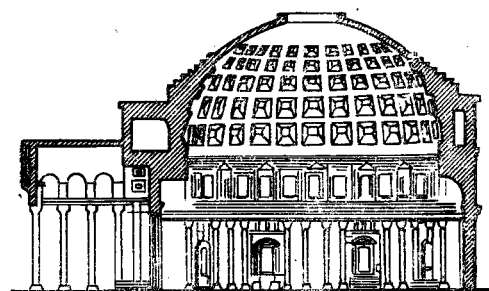


Fig. 14.15. Panteonul din Roma (cupolă din zidărie, rezemată pe pereți masivi cu nișe ce reduc, din loc în loc, grosimea pereților):
a - secțiune; b - plan.

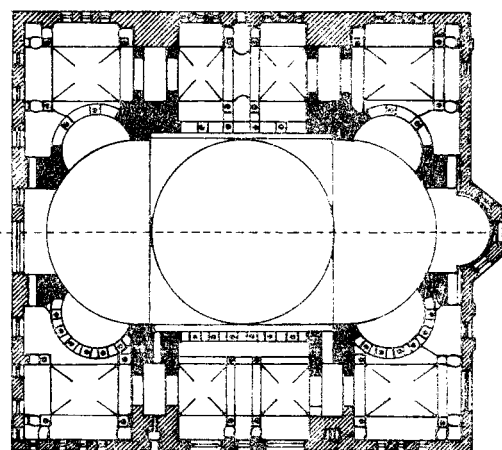
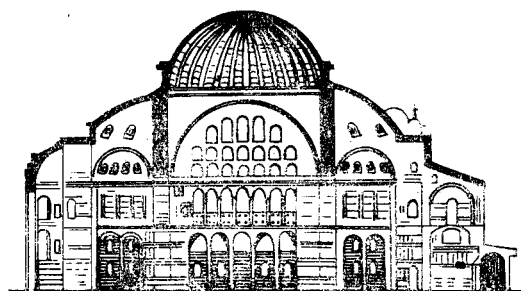
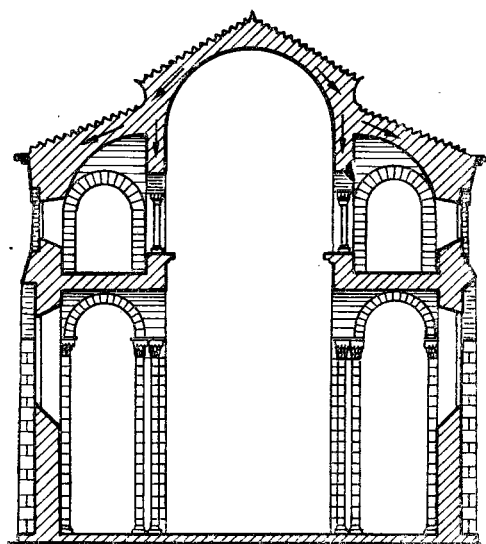
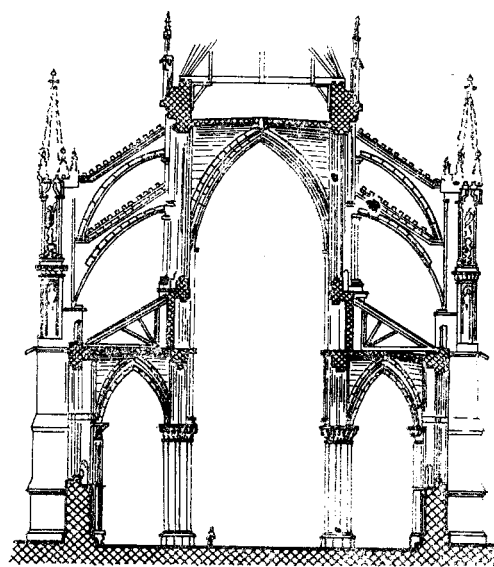


Fig. 14.16. Biserica Sf. Sofia din Constantinopol (construcția inițială):
a - secțiune; b - plan.



a



b

Fig. 14.17. Construcții de catedrale:
a - romană; b - gotică.

rile permanente din greutatea proprie și a învelitorii și la cele temporare rezultate din vânt, zăpadă și circulația pentru întreținerea învelitorii;

— *căpriorii*, ce constituie suportul direct al asterealei, dispuși după linia de cea mai mare pantă a învelitorii, rezemați pe pane sau pe pereți;

— *pane*, care constituie suportul pentru căpriori și se dispun paralel cu streșina, rezemate pe ferme, grinzi transversale, popi sau pe pereți;

— *fermele*, care sînt elemente de rezistență principale ale acoperișului, alcătuite din bare articulate, dispuse astfel încît să formeze o rețea plană sau tridimensională de contururi nedeformabile; fermele susțin întreaga șarpantă și transmit ansamblul încărcărilor la punctele de rezemare;

— *contravîntuirile*, sisteme de legături care solidarizează ansamblul elementelor șarpantei asigurînd reducerea lungimii de flambaj a elementelor comprimate (talpa superioară a fermelor, diagonalele etc.) și stabilitatea transversală a elementelor de rezistență la acțiunea vîntului. Contravîntuirile se dispun în lungul construcției, în plan vertical și sub învelitoare. Prin efectul lor, întreaga șarpantă conlucrează ca un sistem spațial (fig. 14.18).

În trecut, lemnul se considera ca materialul cel mai indicat pentru realizarea șarpantelor la clădirile civile obișnuite. Deși sistemele constructive au fost perfecționate, totuși lemnul nu se mai întrebuintează decît în mod excepțional, deoarece este un material combustibil, se valorifică superior în industrie, este expus putrezirii etc.

Șarpantele din lemn se întîlnesc în practică la lucrările de reparații, trebuind să fie minuțios verificate, ignifugate și eventual consolidate, deoarece reprezintă un fond valoros. La verificare se observă dacă au apărut semne de putrezire și de rupere locală a elementelor de rezistență, dacă deformațiile șarpantei sub încărcările maxime depășesc limitele admise etc. Cu acest prilej trebuie identificată funcțiunea fiecărui element al structurii, ținînd seama că fermele ce compun șarpantele din lemn aparțin unuia din următoarele tipuri principale:

— *ferme-grinzi cu zăbrele* (fig. 14.19), care pot fi din lemn rotund, din lemn ecarisat sau din dulapi, cu îmbinări chertate solidarizate cu buloane și scoabe sau cu îmbinări în cuie; uneori aceste ferme pot avea piesele întinse executate din oțel;

— *ferme pe scaune* (fig. 14.20), executate cînd există posibilitatea de rezemare directă a șarpantei la distanțe mici, cu reazeme intermediare, pe un planșeu sau pe pereți portanți; acestea nu lucrează ca grinzi cu zăbrele.

Șarpantele din metal sînt indicate mai ales la clădirile cu destinații speciale (auditorii, săli de sport etc.) unde sînt necesare deschideri mari și un acoperiș ușor fără a se recurge la suprafețe autoportante.

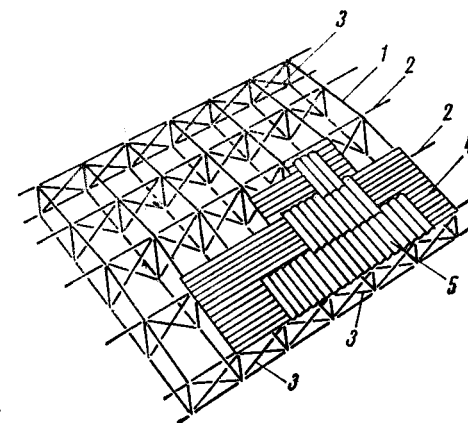


Fig. 14.18. Șarpantă cu contravîntuiri (schemă simplificată):
1 - fermă; 2 - pane înglobate în sistemul de contravîntuiri; 3 - diagonale; 4 - astereală; 5 - învelitoare.

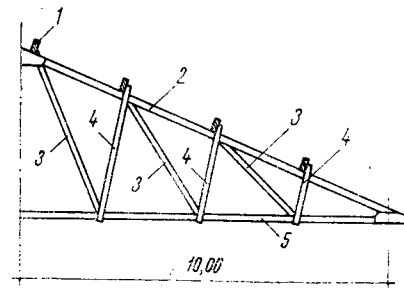


Fig. 14.19. Grindă cu zăbrele din dulapi de lemn solidarizați cu cuie:
1 - pană; 2 - talpă superioară; 3 - diagonală;
4 - montant; 5 - talpă inferioară.

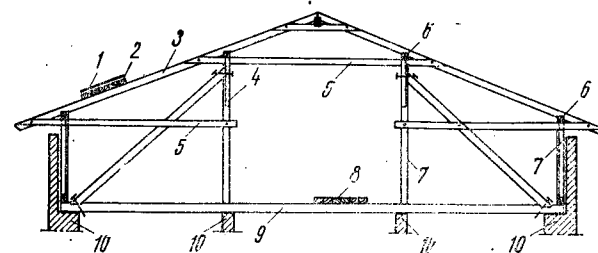


Fig. 14.20. Șarpantă de lemn pe scaune:
1 - învelitoare; 2 - astereală; 3 - căpriori; 4 - contrafișe; 5 - clești;
6 - pane; 7 - popi; 8 - podină; 9 - talpă; 10 - puncte de rezemare.

14.3.3. STRUCTURI SPAȚIALE AUTOPORTANTE ȘI STRUCTURI SUSPENDATE

Dezvoltarea structurilor de rezistență la acoperișuri a marcat progrese mari prin folosirea betonului armat și a betonului precomprimat sub formă de plăci subțiri curbe (v. fig. 14.6 și 14.7). Secțiunile acestor structuri care au o rigiditate în ansamblul lor foarte mare sînt solicitate, în general, numai la eforturi axiale de compresiune. Caracteristică pentru acest mod de rezolvare este clădirea Circului de stat din București.

O altă modalitate de acoperire a deschiderilor mari o constituie acoperișurile suspendate pe cabluri de oțel (fig. 14.21 și 14.22). Prin acoperiș suspendat se înțelege o rețea de cabluri solicitată la întindere, care îndeplinește concomitent funcțiunile de element portant și de formă spațială. La astfel de structuri, efectul de flambaj nu intervine deoarece solicitările de compresiune sînt evitate, situație avantajoasă căci materialele existente în prezent sub formă de fire sau cabluri au rezistențe la întindere foarte mari. În condițiile actuale, acoperirea unor deschideri considerabile (hangare, stadioane, săli de spectacol) se face economic numai cu sisteme suspendate. Indicii tehnico-economici care rezultă sînt favorabili, deoarece încărcarea permanentă încetează de a mai fi acțiunea preponderantă, structura fiind solicitată, în special, la vînt și la

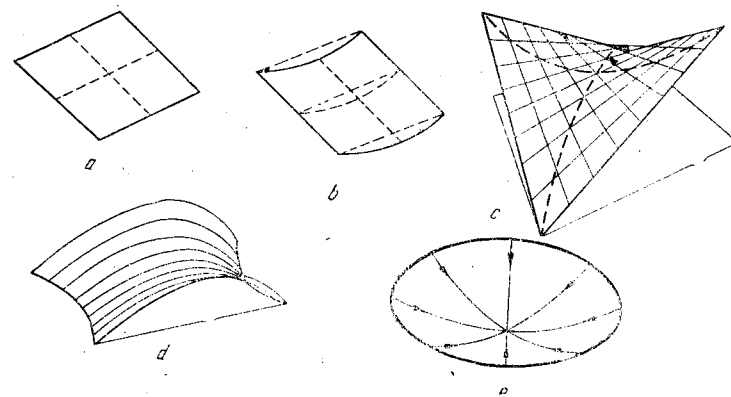


Fig. 14.21. Sisteme de bază la acoperișuri suspendate:
a - pînză plană precomprimată; b - pînză cu simplă curbură; c; d; e - pînze cu dublă curbură.

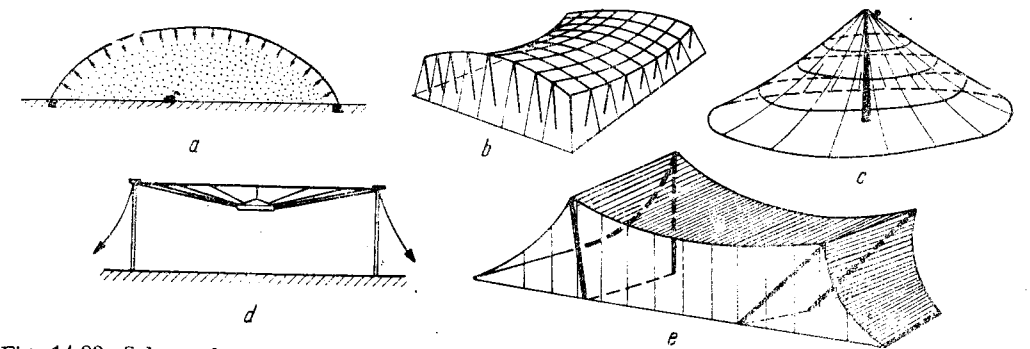


Fig. 14.22. Scheme de principiu pentru săli de mare deschidere cu acoperișuri suspendate pe cabluri:
a - acoperiș membrană (structură pneumatică); b - acoperiș tip sa cu stîlpi ancorati; c - acoperiș din beton armat tip cort;
d - pînză întinsă sub centură circulară; e - acoperiș suspendat cu pînză precomprimată din beton armat.

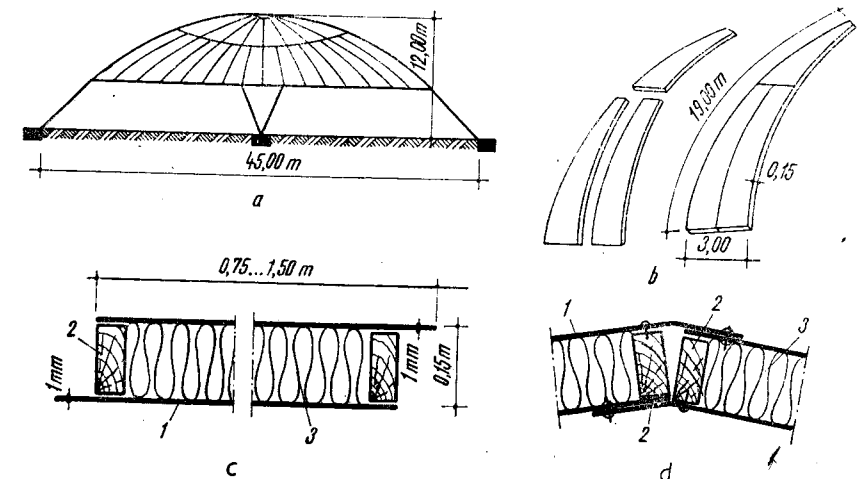


Fig. 14.23. Acoperiș cupolă cu elemente metalice de tip sandviș executat la Hanovra:
a - secțiune transversală; b - elemente metalice sandviș; c - detaliu de element sandviș; d - detaliu de îmbinare a elementelor sandviș; 1 - tablă din oțel inoxidabil; 2 - riglă de lemn; 3 - spumă din masă plastică.

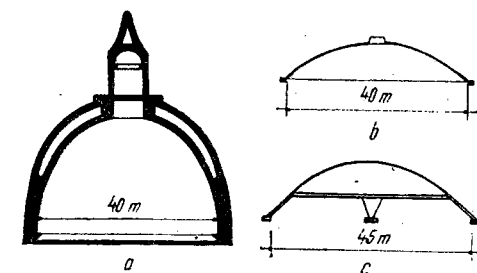


Fig. 14.24. Evoluția sistemelor de acoperișuri-cupolă, sub aspectul greutății proprii:

a - basilica Sf. Petru din Roma, 1585 (greutatea cupolei de zidărie 26 kN/m²); b - atelierele Schott din Jena, 1925 (greutatea cupolei din beton armat 1,5 kN/m²); c - cupolă din elemente sandviș în Hanovra, 1970 (greutatea cupolei, alcătuită conform figurii 14.23 - 0,33 kN/m²).

zăpadă. Reducerea substanțială a greutății proprii face ca aceste acoperișuri să fie sensibile la încărcări dinamice din vînt sau cutremure.

Structurile de acoperire din panouri sandviș de tablă cu miez din spumă rigidă de masă plastică (fig. 14.23), reprezintă un alt sistem nou, autoportant. În figura 14.24 se prezintă evoluția sistemelor constructive la acoperișurile cupolă, sub aspectul greutății proprii.

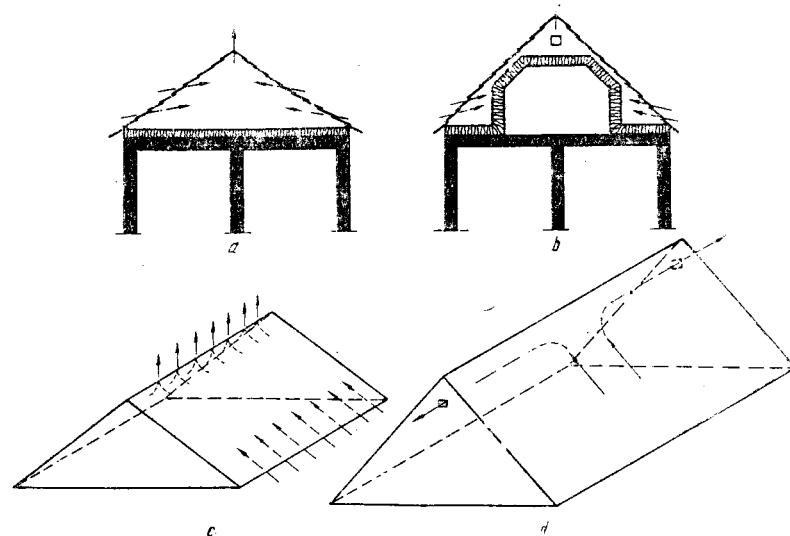


Fig. 14.25. Acoperișuri reci:
a - cu pod circulabil; b - cu pod mansardă; c - schema circulației aerului la acoperișurile cu pod circulabil; d - schema circulației aerului la acoperișurile cu pod mansardă.

14.4. ACOPERIȘURI RECI, VENTILATE

14.4.1. CARACTERISTICI GENERALE

14.4.1.1. *Alcătuirea acoperișurilor reci, ventilate.* Acest gen de acoperișuri (v. fig. 14.10) se caracterizează prin existența, între învelitoare și izolația termică, a unui spațiu intermediar denumit pod, care comunică cu atmosfera sau a unei învelitori discontinue permeabilă la aer. Vântul și diferențele de temperatură determină ventilarea naturală intensă a întregului acoperiș, peste izolația termică, ceea ce se reflectă favorabil în comportarea higrotermică a acestuia (fig. 14.25). De regulă, aceste acoperișuri sunt înclinate, cu pantă mare, corespunzând tipurilor clasice de alcătuire cu învelitori de țiglă, azbociment, tablă etc. și cu pod utilizabil în scopuri gospodărești. În ultimul timp se realizează și acoperișuri reci, ventilate care au numai pod tehnic de înălțime redusă, dispus între învelitoare și izolația termică, precum și fără pod, dar cu învelitoare permeabilă la aer.

În principiu, un asemenea acoperiș se poate reduce la învelitoare, șarpantă și termoizolație (fig. 14.26), dar poate avea în plus o barieră de vaporii și o protecție a termoizolației. Iarna, temperatura învelitorii este apropiată de cea a aerului din jurul clădirii.

O variantă pentru acest fel de acoperișuri se realizează cu ajutorul unui tavan suspendat termoizolant (fig. 14.27).

14.4.1.2. *Comportarea acoperișurilor reci ventilate.* Ventilarea acoperișului îndeplinește funcțiuni esențiale pentru comportarea higrotermică a acestuia, menținând acoperișul uscat și diminuând efectul de supraîncălzire sub influența radiațiilor solare în timpul verii.

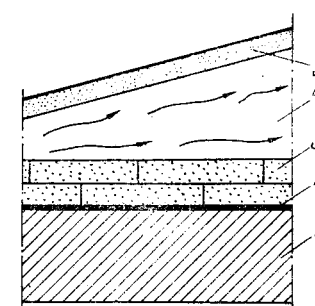


Fig. 14.26. Acoperiș rece cu învelitoare din azbociment ondulat și izolație termică din BCA:

1 - placă de rezistență pentru planșeu; 2 - barieră de vaporii; 3 - termoizolație din BCA; 4 - pod ventilat; 5 - învelitoare din azbociment ondulat.

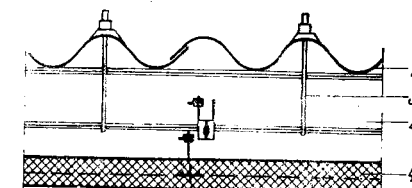


Fig. 14.27. Acoperiș rece cu tavan termoizolant, suspendat:

1 - învelitoare din azbociment ondulat; 2 - element de rezistență al acoperișului realizat din profil U; 3 - cîrlig pentru prinderea învelitorii; 4 - termoizolație autoportantă din plăci de vată minerală.

14.4.1.2.1. *Regimul de umiditate la acoperișurile reci, ventilate.* Sub influența diferențelor de presiune atmosferică și de presiune relativă, vaporii de apă migrează de la ultimul nivel al clădirii spre acoperiș în cadrul unui proces complex de filtrare și difuzie. Ajungînd în zona rece de sub învelitoare și neavînd posibilitatea de a se răspîndi în atmosferă, vaporii ating presiunea de saturație și condensează, fenomen care se evită prin folosirea unor acoperișuri reci, ventilate. În acest caz, curenții de aer, care vin din exterior și se încălzesc în pod cu cîteva grade, antrenează apa sub formă de vaporii astfel încît fenomenul de condens poate fi împiedicat.

Podul ventilat prezintă și avantajul că permite controlul învelitorii astfel că, la infiltrații accidentale, defecțiunile pot fi imediat localizate și se pot lua cu ușurință măsurile necesare pentru limitarea degradărilor.

Schimbări ale regimului de umiditate a acoperișului s-au remarcat la construcții existente la care învelitorile permeabile au fost înlocuite cu învelitori impermeabile; de exemplu, grajdul de animale prezentat în figura 14.28 a devenit necorespunzător ca urmare a înlocuirii învelitorii permeabile din stuf cu învelitoare impermeabilă din carton bitumat. Împiedicarea ventilării acoperișului a condus la apariția unor puternice fenomene de condens.

14.4.1.2.2. *Regimul de temperatură la acoperișurile reci, ventilate.* Se știe că suprafețele expuse radiației solare devin mai calde decît aerul înconjurător, mai ales dacă au o culoare închisă. Datorită acestui fenomen ultimul nivel se supraîncălzeste, ceea ce dăunează confortului în timp de vară, iar structura de rezistență se încarcă cu eforturi mari, care se suprapun peste cele provenite din încărcările verticale și orizontale. Acest efect este

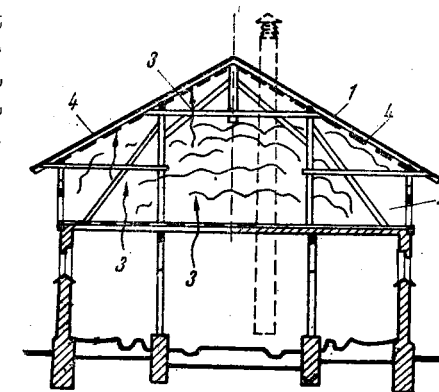


Fig. 14.28. Apariția fenomenului de condens la un grajd de animale cu pod neventilat și învelitoare impermeabilă:
1 - învelitoare din carton bitumat; 2 - pod folosit ca depozit de fureaje; 3 - sensul de migrare al vaporilor de apă; 4 - suprafață de producere a condensului.

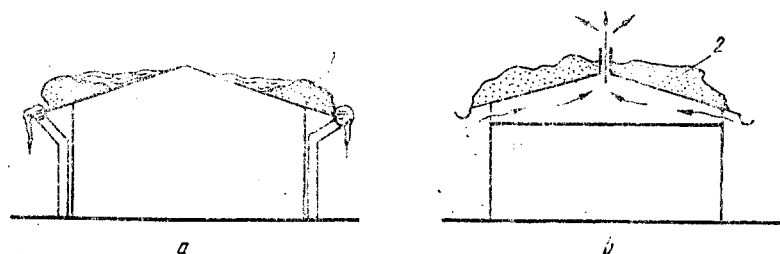


Fig. 14.29. Comportarea acoperişurilor în timpul iernii :
a — acoperiş cald ; b — acoperiş rece ; 1 — strat de zăpadă care datorită variaţiilor diurne de temperatură din timpul iernii poate determina infundarea jgheaburilor şi degradarea lor ; 2 — strat de zăpadă uniform pe suprafaţa acoperişului.

cu atât mai important cu cât structura ultimului nivel este mai rigidă şi are mai multe legături.

Stratul intermediar de aer ventilat reduce efectul de încălzire întrucât separă învelitoarea de termoizolaţie şi mai ales pentru că aerul rece care circulă determină o scădere a temperaturii învelitorii şi suportului său.

Iarna, datorită stratului de aer intermediar, învelitoarea rămâne rece şi, ca urmare, zăpezile adunate nu se topeşte prematur şi staţionează în grosime mică peste învelitoare. Dacă zăpada s-ar topi şi s-ar scurge de pe acoperiş, atunci apa ar îngheţa în dreptul streşinilor umplând jgheaburile care sînt mai reci şi le-ar deforma (fig. 14.29). Un astfel de fenomen se constată aproape totdeauna la acoperişurile calde cu scurgere exterioară. În condiţiile acoperişului rece acest fenomen nu se produce, deoarece zăpada acoperă învelitoarea discontinuă astupînd temporar rosturile, astfel că procesul de ventilare scade în intensitate şi capacitatea de izolare termică se măreşte temporar. Ulterior, cînd temperatura exterioară revine la valori pozitive, zăpada se topeşte şi se scurge dar nu îngheaţă în jgheaburi şi procesul de ventilare devine din nou intens. În acest fel are loc un fenomen de autoreglare, a cărui consecinţă este că majoritatea acoperişurilor reci se comportă bine din punct de vedere higrotermic chiar şi în cele mai dificile condiţii de climă şi de exploatare interioară. Puţinele excepţii pot fi observate cînd jgheaburile se infundă cu murdărie şi reţin apa care apoi îngheaţă sau cînd porţiuni ale acestora, orientate spre nord sînt mai reci decît învelitoarea de pe care se scurge apa.

14.4.2. BARIERA DE VAPORI LA ACOPERIŞURILE RECI, VENTILATE

Datorită stratului de aer ventilat, vaporii de apă sînt eliminaţi spre exterior, astfel că barierele de vaporii apar ca inutile, cu condiţia ca, începînd de la tavan către pod, straturile să fie dispuse în ordine crescîndă a permeabilităţii la vaporii. Bariera de vaporii dispusă sub termoizolaţie se recomandă totuşi ca o măsură de precauţie suplimentară în cazul cînd ventilarea nu este suficient de activă, pentru a împiedica infiltraţii excesive de aer şi vaporii de apă prin termoizolaţie dacă aceasta este executată din materiale uşoare, permeabile la aer (de exemplu, pîslă) şi nu este dispusă pe un suport cu rezistenţă mare la vaporii de apă. De asemenea bariera de vaporii poate servi drept ultimă protecţie a tavanului împotriva unor infiltraţii de apă de sus în jos, care sînt posibile în timpul executării lucrărilor, cînd învelitoarea este defectă sau pe timp de furtună.

14.4.3. REALIZAREA TERMOIZOLAȚIEI LA ACOPERIŞURILE RECI, VENTILATE

La acoperişurile ventilate, stratul de termoizolaţie se dispune în pod şi, în cazul cînd acesta nu există, sub învelitoare. La clădirile vechi, termoizolaţia se realiza din umplutură de lut amestecat cu paie sau din moloz uscat. Aceste materiale pot fi utilizate şi acum, dacă încărcarea aplicată nu depăşeşte limitele permise. Pentru reducerea greutăţii se recurge la umpluturi de zgură şi de granulat sau la materiale uşoare : plăci din beton celular autoclavizat, pîslă minerală, polistiren expandat etc.

La termoizolaţii autoportante sau susţinute de un schelet de rezistenţă uşor, se utilizează plăci termoizolatoare rigide, confecţionate din pîslă minerală ori din mase plastice sub formă de spumă solidificată (fig. 14.30). Institutul de cercetări în construcţii a studiat şi adaptat aceste produse pentru diverse construcţii cu umidităţi de exploatare diferite, astfel : pentru umidităţi relative mici ale încăperilor ($\varphi_i < 60\%$) se produc plăci autoportante finisate prin stropire (AP/S) sau prin vopsire iar peste spaţii cu umiditate mare ($\varphi_i > 60\%$) se utilizează plăci autoportante de vată minerală prevăzute pe faţa inferioară cu o barieră de vaporii din folie de PVC (AP/C). Pentru deschideri mai mari ca 600 mm, plăcile se caserează longitudinal cu elemente armate cu tablă de oţel galvanizată introdusă în nuturi frezate în placă.

Plăcile termoizolante autoportante pot fi rezemate pe pane (v. fig. 14.30) sau pot fi suspendate (fig. 14.31).

Grosimea stratului de termoizolaţie rezultă din calcul (conform STAS 6472/1 ... 5-73), unde se ţine seama numai de straturile dispuse de la tavan la pod, fără învelitoare şi suportul acesteia, deoarece este greu să li se aprecieze influenţa ; în acest mod, calculul este acoperitor.

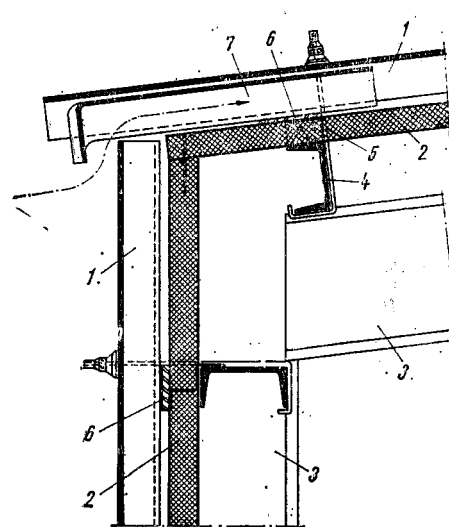


Fig. 14.30. Realizarea termoizolației din plăci autoportante din pîslă la acoperişuri reci, ventilate pentru construcții cu $\varphi_i < 60\%$:
1 — azbociment ondulat ; 2 — plăci autoportante din pîslă ; 3 — element de rezistență (profil U) ; 4 — pană din profil metallic ; 5 — ancoră din oţel-beton pentru fixarea azbocimentului ondulat ; 6 — PFL dur ; 7 — lăcrimar din azbociment ondulat.

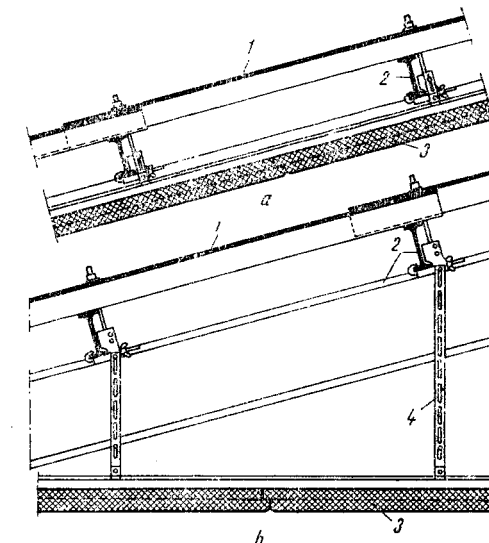


Fig. 14.31. Acoperiş rece cu plafon termoizolant suspendat de pane :

a — tavan înclinat ; b — tavan orizontal ; 1 — învelitoare din azbociment ondulat ; 2 — pane din profiluri instalice ; 3 — placă de pîslă minerală autoportantă ; 4 — ancore rezlabile pentru suspendarea termoizolației.

14.4.4. PROTECȚIA TERMOIZOLAȚIEI LA ACOPERIȘURILE RECI, VENTILATE

Termoizolația se protejează la partea superioară pentru a evita:

— străbaterea sa de către curenți de aer care apar în materialele ușoare cu pori și goluri deschise (pîslă, umpluturi granulare) precum și la rosturile dintre plăci;

— deformarea prin îndesare, deranjarea și deteriorarea prin circulație sau datorită acțiunii unor obiecte depozitate în pod.

Protecția nu trebuie să prezinte o rezistență mare la difuzia vaporilor, spre a nu crea condiții de condens în termoizolație și de aceea în alcătuirea acesteia nu se includ folii de polietilenă, straturi de bitum etc.; în caz contrar, efectul favorabil al podului ventilat se anulează. Este indicat ca termoizolația să fie acoperită cu un strat de hîrtie Kraft sau de carton ondulat, peste care se toarnă o șapă din mortar de var cu adaos de ciment, să se dispună o podină de circulație din scînduri, ori să se așeze un strat de cărămidă pe lat.

14.4.5. REALIZAREA ORIFICIILOR DE ADMISIE ȘI EVACUARE A AERULUI

Cu excepția perioadelor de vînt, circulația aerului este o consecință a diferențelor de presiune generate de diferențele de temperatură. Din această cauză este bine ca orificiile de admisie a aerului (prize) să fie dispuse cît mai jos posibil, iar cele de evacuare cît mai sus. Tiraajul este favorizat de instalarea unor deflectoare. Distribuția orificiilor pentru admisia și evacuarea aerului pe acoperiș trebuie să fie uniformă. La podurile cu înălțime mică este necesar să se evite orice cauză care ar putea stînjiți circulația aerului și ar crea turbioane: micșorarea înălțimii podului la gura de evacuare (fig. 14.32, a), dispunerea unor elemente de rezistență care opresc circulația aerului (fig. 14.32, b) etc.

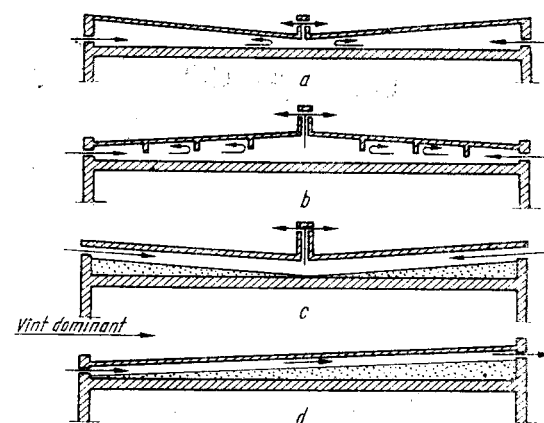


Fig. 14.32. Soluții de ventilare a podului cu înălțime redusă:

a — pod cu înălțimea redusă în dreptul gurii de evacuare (soluție neindicată); b — pod cu pane care stînjițesc circulația aerului (soluție neindicată); c — pod cu înălțime liberă constantă, în care aerul circulă descendent (soluție acceptabilă); d — pod cu înălțime liberă constantă în care aerul circulă ascendent (soluție recomandată).

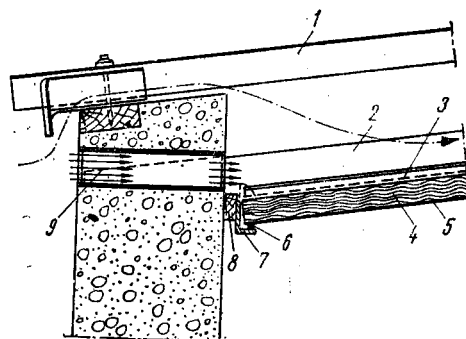


Fig. 14.33. Acoperiș rece, ventilat cu înveliitoare permeabilă și cu orificii suplimentare pentru admisia aerului:

1 — înveliitoare din azbociment ondulat; 2 — talpa superioară a fermei; 3 — hîrtie Kraft; 4 — placă autoportantă din vată minerală; 5 — barieră de vaporii din folie PVC caserată din fabrică; 6 — cordon de chit; 7 — cornier; 8 — șipcă de lemn; 9 — tub PVC ca orificiu de admisie a aerului.

Situația cea mai simplă este atunci cînd învelitoarea este discontinuă, fiind permeabilă la aer, căci în acest caz nu trebuie create orificii speciale; totuși, atunci cînd se apreciază că admisia prin structura învelitorii nu este suficientă se dispun orificii suplimentare de admisie a aerului (fig. 14.33).

14.4.6. ÎNVELITORI LA ACOPERIȘURI RECI, VENTILATE

În condițiile pantelor acoperișului, învelitoarea trebuie să împiedice infiltrațiile de apă (chiar și pe timp de furtună) asigurînd scurgerea apelor pînă la jgheaburi și burlane sau guri de colectare. Utilizarea unor învelitori impermeabile și continue este necesară numai la pante mici, dar acestea nu se folosesc decît foarte rar la acoperișuri reci. Învelitoarea trebuie să reziste la variații de temperatură între $-30...+80^{\circ}\text{C}$, la îngheț-dezgheț, la circulația prevăzută prin proiect pentru întreținere, să contribuie la satisfacerea exigențelor de durabilitate, confort și estetică ale clădirii. Tipul de învelitoare se stabilește în raport cu destinația clădirii și cu criteriile privind durabilitatea, rezistența la foc, economicitatea, disponibilul de materiale etc.

14.4.6.1. **Învelitori de paie, stuf sau trestie.** Acestea sînt învelitori discontinue care permit realizarea unor acoperișuri ușoare, ventilate, igienice și economice, cu aspect rustic, tradiționale pentru localitățile situate la cîmpie în zone cu bălți. Au o utilizare limitată, deoarece se aprind ușor.

Snopii de paie sau stuf se așază de la streășină spre creastă, pe suport din șipci (la streășină pe o scîndură continuă) și se leagă cu sîrmă zincată și împlețituri din nuiile (fig. 14.34). Între snopi și coșul de fum se dispune o protecție din tablă sau de argilă. Etanșeitatea crestei se asigură fie prin așezarea unor snopi în lung astfel încît să acopere ambii versanți, fie prin prelungirea snopilor de pe un versant peste celălalt cu considerarea direcției vînturilor dominante. Se pot executa și coame acoperite cu scînduri sau cu țigle.

14.4.6.2. **Învelitori din lemn.** Sînt învelitori discontinue realizate din scînduri geluite, șindrila (draniță) sau șîță (fig. 14.35).

Învelitorile din șindrila sînt estetice și reprezintă un specific al construcțiilor din multe localități de munte din țara noastră. Șindrila se fixează în cuie pe suport din șipci în două pînă la cinci straturi (fig. 14.36) sau pe suport din astereală și carton bitumat care asigură o protecție sporită la infiltrații dar se mărește consumul de material lemnos și pericolul de putrezire a lemnului.

Protecția împotriva infiltrațiilor la creastă și la coame se realizează cu scînduri geluite (fig. 14.37, a). La dolii se folosește tablă sau carton bitumat pe astereală din scînduri (fig. 14.37, b). Pentru obținerea unui aspect estetic deosebit, șindrila se poate dispune în evantai, după o

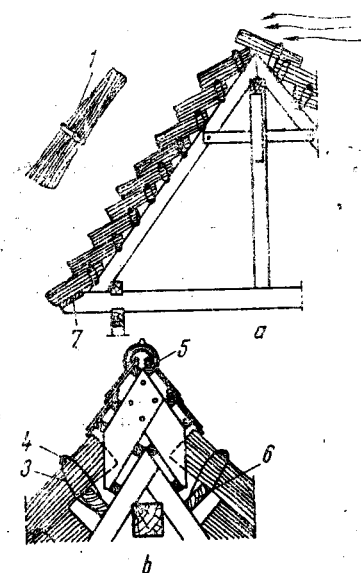


Fig. 14.34. Înveliitoare din stuf:

a — vedere; b — detaliu coamă; 1 — snop; 2 — direcția vîntului; 3 — sîrmă; 4 — nuiă; 5 — coamă de țiglă; 6 — șipcă; 7 — scîndură.

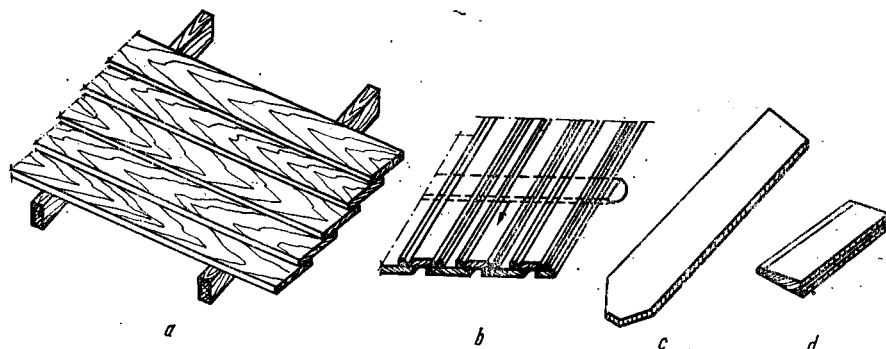


Fig. 14.35. Învélitori din lemn:

a - din scinduri geluite tip caplama; b - din scinduri geluite tip pendreamea; c - şindrilă; d - şită.

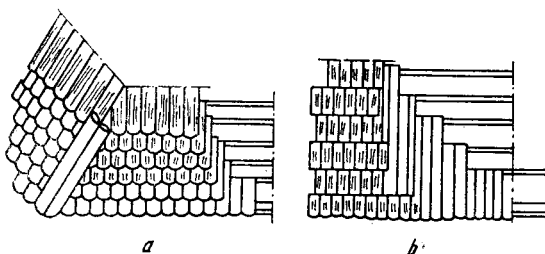


Fig. 14.36. Învélitoare de şindrilă pe şipci:
a - în trei straturi; b - în patru straturi.

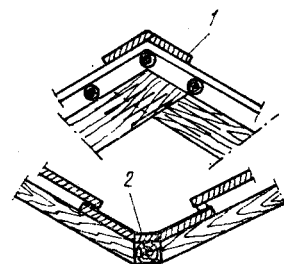


Fig. 14.37. Protecţia împotriva infiltraţiilor la coame şi la dolii pentru învélitori de lemn:

1 - scindură geluită; 2 - carton bitumat.

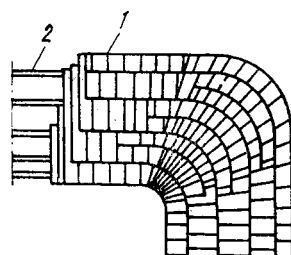


Fig. 14.38. Dolie cu elemente de învélitoare dispuse radial:
1 - lamelă din şindrilă sau şită; 2 - suport din şipci.

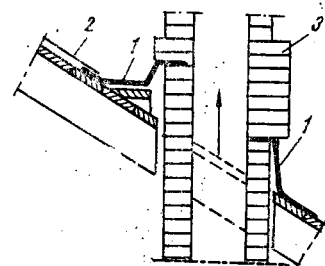


Fig. 14.39. Racordarea învélitorilor de lemn la coşurile de fum:
1 - pazie din tablă; 2 - învélitoare din şindrilă; 3 - coş de fum.

suprafaţă curbă (fig. 14.38). Racordarea învélitorilor din lemn la coşurile de fum se face cu pazii din tablă (fig. 14.39).

Se recomandă ca înainte de montare, lamelele de şindrilă să fie scăldate într-o baie de 1% sulfat de cupru sau fier, iar după montare, învélitoarea să se întreţină prin vopsire cu carbolineum cald, aplicat în două straturi (utilizarea păcu-

rei în loc de carbolineum nu este indicată, deoarece astupă porii lemnului şi astfel grăbeşte putrezirea).

Şiţa se foloseşte mai puţin, fiind pe cale de dispariţie.

14.4.6.3. Învélitori de carton bitumat. 14.4.6.3.1. Învélitori de carton bitumat pe suport de lemn. Cartonul bitumat este un material ieftin, uşor de aplicat şi cu greutate redusă. Din această cauză este mult utilizat pentru realizarea de învélitori continue, mai ales la clădiri provizorii şi semipermanente.

La acoperişurile cu pantă mare, cartonul bitumat se dispune pe astereală în două straturi suprapuse (fig. 14.40 şi 14.41). Peste ultimul strat de carton se aplică un strat de bitum cald presărat cu nisip grăunţos pentru protecţie. În figura 14.42 sînt indicate modurile de alcătuire a învélitorilor din carton bitumat la streşini, coame, creste etc.

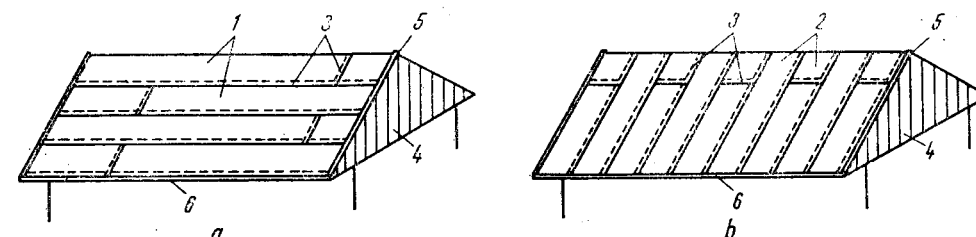


Fig. 14.40. Învélitoare de carton bitumat, în două straturi, pe astereală:
a - asezarea primului strat paralel cu streasina; b - asezarea celui de-al doilea strat paralel cu picătura: 1 - fişă de carton bătută în cuie; 2 - fişă de carton bătută în cuie şi asigurată cu şipci sau lipite cu bitum pe toată suprafaţa; 3 - suprapuneri lipite cu bitum; 4 - fronton vertical; 5 - protecţia învélitorii la fronton; 6 - streasina.

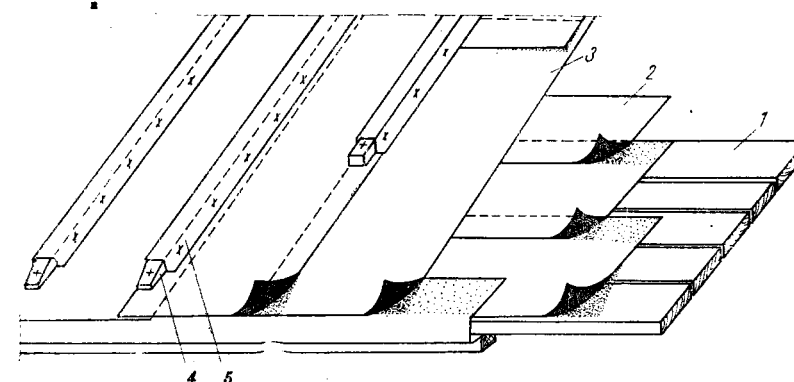


Fig. 14.41. Detaliu de realizare a unei învélitorii din carton bitumat în două straturi:

1 - astereală din scinduri; 2 - primul strat de carton lipit cu bitum pe astereală; 3 - stratul al doilea de carton, lipit cu bitum pe primul strat; 4 - şipcă de fixare; 5 - fişă de carton bitumat fixată prin lipire cu bitum pe stratul al doilea de carton.

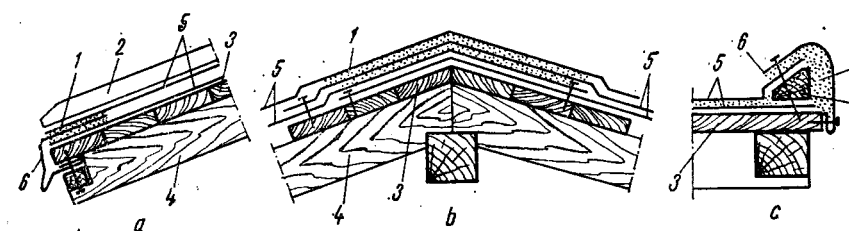


Fig. 14.42. Detalii la învélitori de carton bitumat:

a - la streasina; b - la coama; c - la fronton: 1 - bitum; 2 - şipcă; 3 - astereală; 4 - căprior; 5 - învélitoare de carton bitumat în două straturi; 6 - fişă suplimentară de carton bitumat.

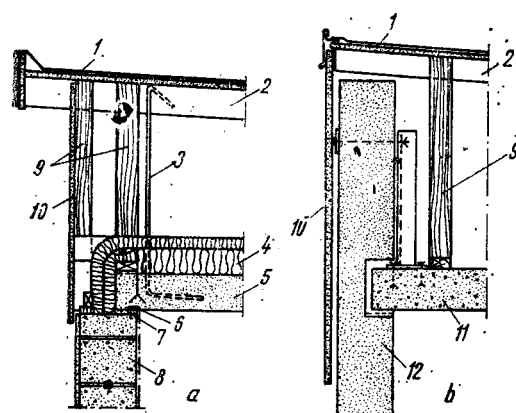


Fig. 14.43. Învetoare de carton bitumat la clădiri cu structură din BCA [102]:

a - la clădire cu pereți din BCA și planșee prefabricate; b - la clădire din blocuri mari și planșee din fișii de BCA; 1 - învelitoare de carton bitumat; 2 - șarpantă economică din scinduri și PFL dur; 3 - ancoraj; 4 - termolizolat din pișă minerală; 5 - planșeu din beton armat; 6 - rost uscat din bandă de material elastic; 7 - mortar; 8 - perete din BCA; 9 - suport din lemn al asterelei; 10 - protecție din scindură sau tablă; 11 - planșeu din fișii de BCA; 12 - zidărie din blocuri mari.

topit dizolvat în benzină și întins cu ajutorul unei bidinele aspre. Apoi se aplică alternativ 2 sau 3 straturi de bitum cald și de carton bitumat. Pentru realizarea izolației hidrofuge, în loc de carton se poate folosi pinză bitumată sau împisli-tură de sticlă iar în loc de bitum se utilizează mastic de bitum. Suprafața se protejează cu un ultim strat de bitum și nisip grăunțos. Trebuie reținut că astfel de învelitori dispuse direct pe beton, la acoperișuri fără pod și fără izolație termică, nu sunt recomandate decît la construcții deschise sau intens ventilate. La construcțiile neventilate corespunzător, chiar dacă nu există instalații de încălzire, căldura care se degajă din pămînt și din alte surse face ca iarna temperatura și presiunea vaporilor sub acoperiș să fie mai ridicate decît în afara clădirii. Ca urmare, vaporii de apă difuzează prin acoperiș și condensează sub învelitoare, producîndu-se degradări din cauza înghețului. Vara, învelitoarea se înfierbîntă puternic din cauza culorii închise și căldura se transmite cu ușurință spațiilor de sub învelitoare. Apa din condens se transformă în vapori cu presiune suficientă pentru a desprinde cartonul de pe suport, deoarece bitumul este moale. Treptat apar bășici din ce în ce mai mari, imposibil de reparat și se ajunge la degradarea treptată a întregii hidroizolații. Din aceste motive este bine ca între acoperișul de beton și învelitoarea de carton bitumat să se dispună straturi intermediare de izolare termică, barieră de vapori etc., potrivit indicațiilor pentru acoperișuri calde.

14.4.6.4. Învelitori ceramice. Se realizează din țigle sau olane în forme variate și estetice. Ambele tipuri de învelitori sînt grele și necesită un consum aprecia-bil de lemn pentru șarpante. Învelitorile din țigle și olane asigură condiții favo-rabile de confort, se confecționează din materii prime locale și nu necesită lucrări de întreținere. Olanele și țiglele trebuie să satisfacă condiții severe de calitate între care:

— rezistență mare la îngheț-dezghet, fără fisuri, exfolieri etc.;

Datorită calităților sale, învelitoa-rea de carton bitumat tinde să fie folosită și la clădiri definitive. Astfel, pentru clădirile cu structură din beton celular autoclavizat realizate în Suedia se utilizează aproape exclusiv astfel de învelitori (fig. 14.43). De multe ori aceste șarpante, inclusiv învelitoarea de carton, sînt prefabri-cate pe tronsoane mari care se mon-tează pe clădire într-un timp foarte scurt.

14.4.6.3.2. Învelitori de carton bitu-mat pe suport de beton. Învelitorile de carton bitumat pot fi aplicate și sub formă de izolații hidrofuge din stra-turi succesive de carton și bitum pe suprafețe de beton plane sau curbe, la acoperișuri peste spații neîncălzite dar bine ventilate. Conform proce-deului la cald, se execută mai întîi amorsarea suprafețelor de izolat, care trebuie să fie bine uscate, cu bitum

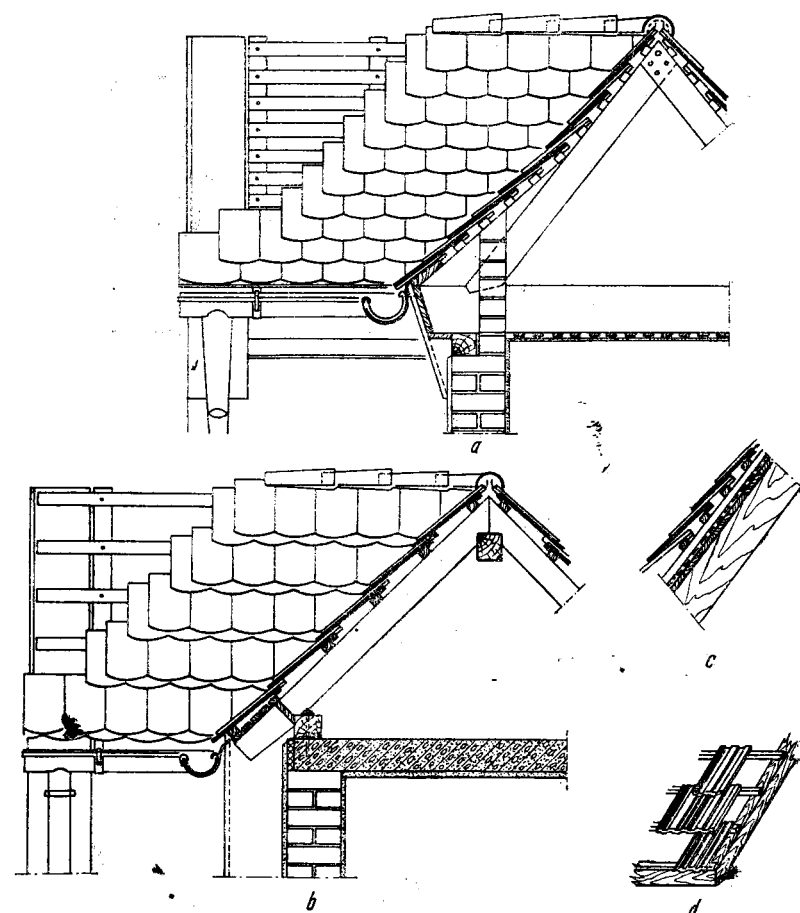


Fig. 14.44. Învelitori din țigle:

a - țigle solzi așezate simplu pe șipci; b - țigle solzi așezate dublu pe șipci; c - țigle solzi așezate simplu pe șipci bătute pe astereală și carton bitumat; d - țigle profilate.

- capacitate de a absorbi și restitui apa cu ușurință, astfel încît învelitoarea să pară uscată, la scurt timp după ploaie;
- rezistență la încărcarea dată de un om care circulă pe acoperiș pentru întreținere;
- sunet clar la lovire, indicînd absența fisurilor și o densitate suficient de ridicată.

Învelitorile din țigle solzi se pot realiza în mai multe variante:

- fără astereală, cu țigle așezate simplu sau dublu pe șipci bătute direct pe cîpriori sau pe ferme din scinduri (fig. 14.44, a, b);
- cu astereală, cu țigle așezate simplu sau dublu, pe șipci bătute în ambele sensuri peste un strat de carton bitumat prins în cuie (fig. 14.44, c). Țiglele se montează pe șipci prin intermediul ciocurilor cu care sînt prevăzute la partea inferioară. Pentru a le asigura împotriva smulgerii de către vînt, anumite tipuri de țigle se pot fixa și prin legare de șipci cu sîrmă zincată.

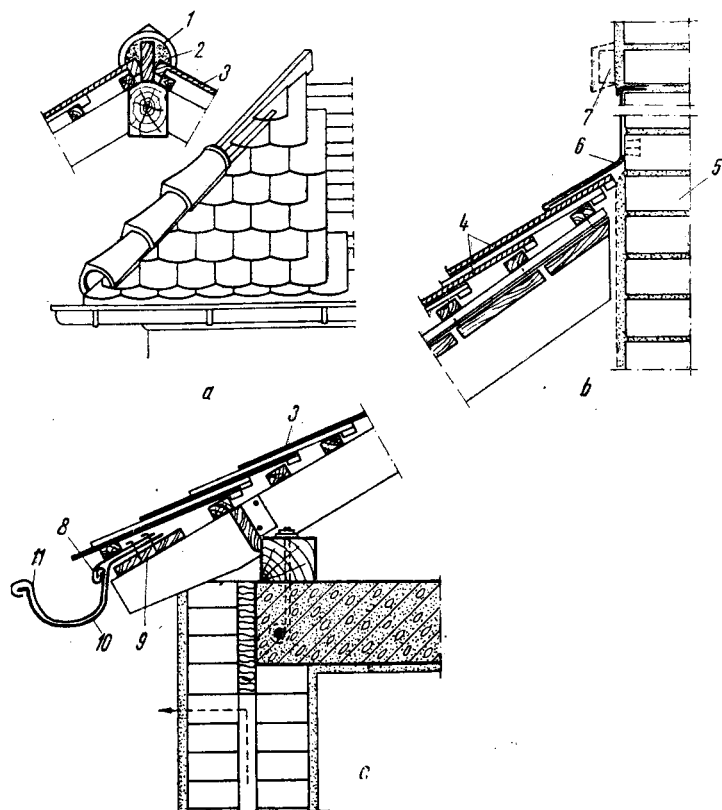


Fig. 14.45. Detalii pentru învelitori din țiglă:

a - la coamă; b - la racordarea cu un perete vertical; c - la o streșină simplă la clădire cu pereți ventilați; 1 - coamă ceramică; 2 - mortar de ciment; 3 - învelitoare din țiglă solzi așezată simplu; 4 - învelitoare din țiglă solzi așezată dublu; 5 - perete din zidărie; 6 - paze din tablă; 7 - lăcrimar din tablă sau cărămidă așezată în consolă; 8 - paze din tablă pentru fixarea ighebului; 9 - scindură; 10 - cîrlig pentru igheab; 11 - igheab.

Învelitorile din țigle profilate se pot realiza în diverse variante dar de regulă fără astereală, cu țiglele așezate pe șipci bătute direct pe căpriori (fig. 14.44, d).

Fabricile livrează și coame ceramice care se fixează cu mortar de ciment amestecat cu țiglă pisată pentru a avea o culoare roșcată (fig. 14.45, a).

Doliile, șorturile, paziile și îmbrăcămintea coșurilor se execută cu tablă zincată de 0,40 mm grosime (fig. 14.45, b, c).

Olanele se așază în două rinduri suprapuse, un rind cu concavitatea în sus și celălalt cu concavitatea în jos, peste un strat de carton bitumat, bătut în cuie pe astereală și se fixează cu mortar, rezultînd o învelitoare grea.

14.4.6.5. Învelitori de azbociment. Azbocimentul se utilizează la învelitori sub formă de plăci plane (fig. 14.46, a, b, c), plăci ondulate (fig. 14.47, a) și

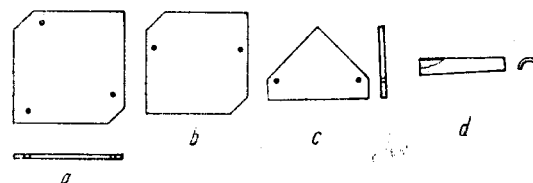


Fig. 14.46. Plăci plane de azbociment pentru învelitori;

a - placă normală cu trei găuri; b - placă normală cu două găuri; c - placă marginală; d - coamă

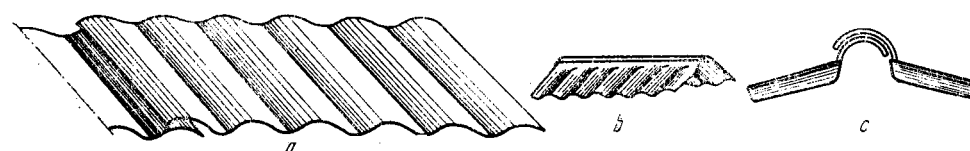


Fig. 14.47. Plăci ondulate de azbociment pentru învelitori:

a - placă ondulată; b - coamă dublă; c - coamă simplă.

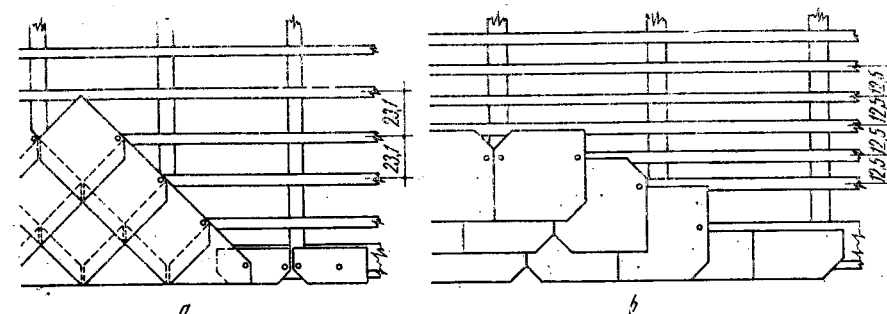


Fig. 14.48. Învelitori din plăci plane de azbociment:

a - cu acoperire simplă; b - cu acoperire dublă.

coame (fig. 14.46, d și 14.47, b, c) necolorate, colorate în masă sau acoperite cu straturi superficiale aderente.

Învelitorile din azbociment plan se realizează cu acoperire simplă sau dublă pe șipci (fig. 14.48) sau pe carton bitumat și astereală. Prinderea se execută în cuie zincate cu cap lat sau copei de siguranță (fig. 14.49). O atenție deosebită trebuie acordată execuției la streșini, coame, creste, doli și racordări la coșurile de fum pentru a evita infiltrațiile de apă.

Învelitorile din plăci ondulate de azbociment prezintă avantajul că sînt autoportante pe distanțe relativ mari, astfel că nu necesită astereală sau grătare de șipci, putîndu-se rezema direct pe pane (fig. 14.50).

14.4.6.6. Învelitori din tablă. Sînt învelitori discontinue realizate din foi de tablă de aluminiu, zinc, plumb, tablă neagră vopsită, zincată (galvanizată), arămită etc.

Foile de tablă permit realizarea unor învelitori ușoare, incombustibile, rezistente la acțiunile agenților climatici dar care nu oferă protecție termică și prezintă deformări mari la variații de temperatură. Din această cauză, foile de tablă se înădăsc prin fălțuire și nu se fixează rigid de stratul suport. Valorile minime ale pantelor recomandate sînt necesare pentru ca apa să nu staționeze pe acoperiș, pătrunzînd prin rosturile fălțuite și favorizînd coroziunea tablei. Din același motiv se evită folosirea foilor din diverse metale la aceeași învelitoare. Cel mai frecvent se utilizează învelitorile din tablă galvanizată.

Prinderea foilor de tablă se face cu fălțuri orizontale culcate, paralele cu streășina și fălțuri verticale, în picioare, dispuse după linia de cea mai mare pantă

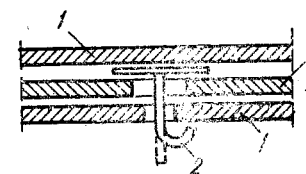


Fig. 14.49. Montarea plăcilor plane de azbociment cu copei de siguranță:

1 - placă; 2 - copei.

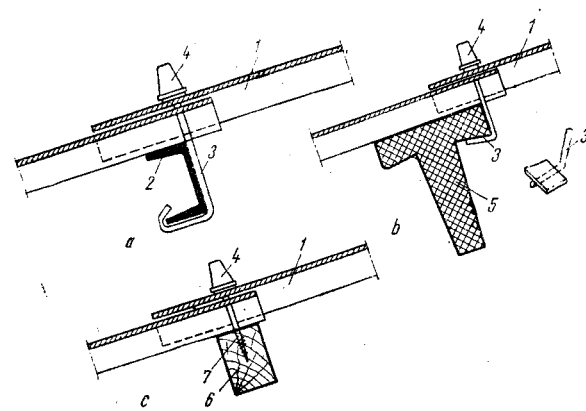


Fig. 14.50. Fixarea plăcilor de azbociment ondulat:

a - pe pane din oțel; b - pe pane din beton armat; c - pe pane din lemn; 1 - placă de azbociment ondulat; 2 - pană metalică; 3 - tijă din oțel zincat; 4 - căpăcel de protecție a prinderii; 5 - pană prefabricată din beton armat; 6 - pană din lemn; 7 - șurub pentru lemn.

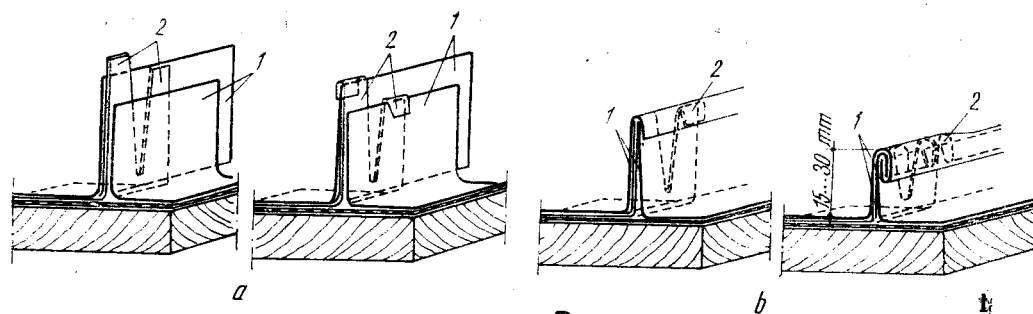


Fig. 14.51. Îmbinarea și prinderea foilor de tablă pe acoperiș:

a - pregătirea îmbinării; b - fald vertical, în picioare, după linia de cea mai mare pantă; c - fald orizontal, cu leat, paralel cu streasina; 1 - foi de tablă care se îmbină; 2 - agrafă din tablă pentru fixarea învelitorii de stratul suport.

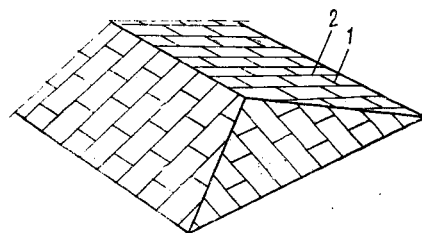


Fig. 14.52. Aspectul unei învelitori din tablă:

1 - fald orizontal paralel cu streasina; 2 - fald vertical dispus după linia de cea mai mare pantă.

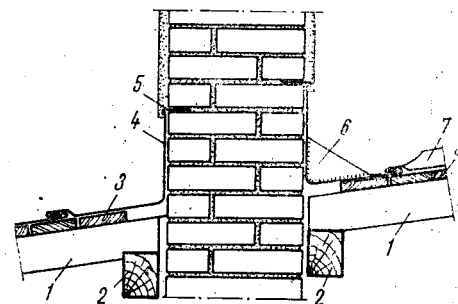


Fig. 14.53. Racordarea învelitorilor din tablă la coșuri:

1 - căprior; 2 - pană; 3 - astereală; 4 - pazie de tablă; 5 - cui cu cloc; 6 - șa pentru asigurarea scurgerii apelor, lipită pe pazie; 7 - fald vertical.

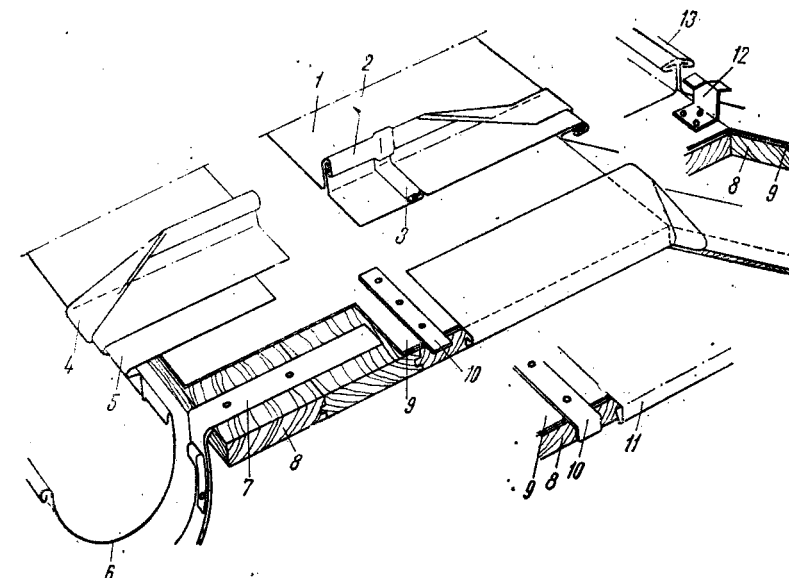


Fig. 14.54. Detalii de realizare a învelitorilor din tablă la streșini și coame:

1 - foi de tablă; 2 - fald vertical; 3 - fald orizontal; 4 - racordarea falțului vertical la streasina; 5 - sort din tablă la streasina; 6 - igheab; 7 - cirlig pentru susținerea igheabului; 8 - strat suport din astereală de scinduri; 9 - strat de carton bitumat; 10 - oțel lat pentru fixarea foilor de tablă la fronton; 11 - fald lăcrimar la fronton; 12 - oțel lat pentru fixarea foilor de tablă la coamă; 13 - fișie de tablă pentru acoperirea coamei.

(fig. 14.51 și 14.52); se observă modul de rezolvare a legăturilor, care prezintă întotdeauna posibilități de joc. În figurile 14.53 și 14.54 sunt prezentate detalii specifice pentru realizarea învelitorilor din tablă la streșini și la racordările cu pereții verticali.

La învelitorile din tablă de zinc, folosite pentru clădiri monumentale și cu ornamente, se respectă aceleași principii, însă prinderea după linia de cea mai mare pantă se execută cu șipci trapezoidale acoperite; pentru a se evita coroziunea, tabla de zinc nu trebuie să vină în contact cu obiecte din oțel.

Învelitorile din foi de cupru și de plumb sunt destinate numai monumentelor istorice, la care trebuie păstrat specificul inițial. Tabla de cupru este estetică, devenind cu timpul verde. Mai frecvent se procedează la arămirea tablei zincate.

Învelitorile metalice sunt supuse pericolului de coroziune. Când două metale diferite sunt în contact prin intermediul unui electrolit (apă ușor acidă), așa cum se întâmplă în orașe din cauza poluării, apare un curent galvanic care distruge unul din ele. Scara electrochimică a metalelor este următoarea: Al, Zn, Fe, Ni, Sn, Pb, Cu. Dacă aceste metale sunt în contact, în prezența unei soluții sau în aer umed, metalul cu indicele cel mai scăzut se corodează. Procesul este cu atât mai intens, cu cât metalele sunt mai distanțate în scara electrochimică prezentată.

14.5. ACOPERIȘURI CALDE, NEVENTILATE

14.5.1. CARACTERISTICI GENERALE

14.5.1.1. Alcătuirea acoperișurilor calde, neventilate. Aceste acoperișuri se caracterizează prin faptul că sunt compacte, fără pod sau un alt spațiu prin care ar putea circula aer pe sub învelitoare (v. fig. 14.11).

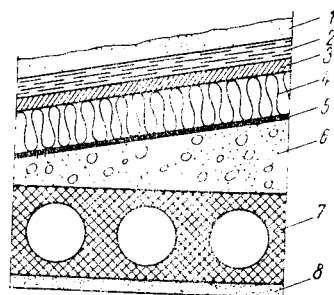


Fig. 14.55. Alcătuirea principală a unui acoperiș cald, neventilat tip terasă necirculabilă:

1 - strat de pietriș pentru protecția hidroizolației; 2 - izolație hidrofugă; 3 - strat suport al hidroizolației din șapă de mortar de ciment; 4 - izolație termică; 5 - barieră de vapori; 6 - beton de pantă; 7 - planșeu din fișii cu goluri; 8 - ten-cuiulă.

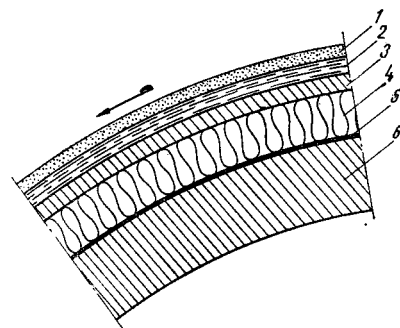


Fig. 14.56. Acoperiș cald neventilat de formă curbă:

1 - strat de protecție a hidroizolației; 2 - izolație hidrofugă; 3 - strat suport al hidroizolației; 4 - izolație termică; 5 - barieră de vapori; 6 - strat de rezistență al acoperișului, din beton armat monolit sau prefabricate de beton armat.

În general, acoperișurile calde reazemă direct pe elementul portant (planșeu, pînză subțire din beton) și, indiferent de pantă, se prevăd cu învelitori de tip continuu (izolații hidrofuge).

În figurile 14.55, 14.56 și 14.57 se prezintă alcătuirii de principiu pentru trei tipuri de acoperișuri calde, neventilate, în care se disting straturile principale diferențiate constructiv și prin funcțiuni: stratul care creează panta necesară scurgerii apelor, bariera de vapori, termoizolația, suportul hidroizolației, hidroizolația și stratul de protecție a hidroizolației.

14.5.1.2. Comportarea acoperișurilor calde, neventilate. Comportarea acestor tipuri de acoperișuri este mai puțin favorabilă decât a celor reci, deoarece nu beneficiază de avantajele unei ventilații interioare intense, astfel că:

- sub influența radiației solare acoperișurile calde se încălzesc mai puternic decât cele reci;
- sînt expuse umezirii prin condens sub învelitoare, deoarece nu respiră spre exterior;

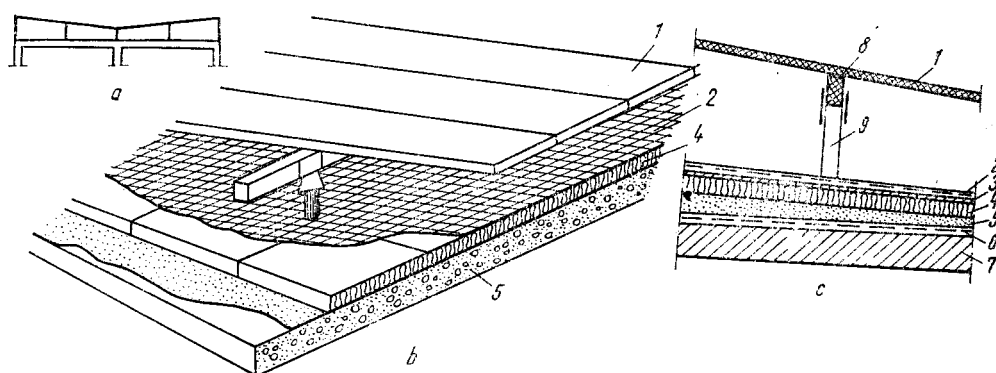


Fig. 14.57. Acoperiș cald, neventilat și necirculabil cu protecție superioară pentru zăpezi mari, grindină și radiație solară:

a - schema acoperișului; b - secțiune cu vedere prin acoperiș; c - detaliu de acoperiș; 1 - protecție permeabilă la apă; 2 - izolație hidrofugă; 3 - strat suport al hidroizolației; 4 - izolație termică; 5 - beton de pantă; 6 - barieră de vapori; 7 - planșeu monolit; 8 - pană pentru susținerea protecției; 9 - pop pentru susținerea panelor.

— apa inițială de construcție rămasă sub învelitoare, la care se adaugă ulterior și cea de condens, se elimină greu și datorită umidității care poate atinge astfel valori ridicate, capacitatea de izolare termică a acoperișului este diminuată;

— din cauza variațiilor mari de temperatură și de umiditate la care sînt inevitabil supuse acoperișurile de acest fel, există tendința apariției de fisuri care afectează defavorabil funcționarea și durabilitatea straturilor componente, transmitîndu-se solicitări suplimentare elementelor structurii de rezistență de sub acoperiș;

— defectiunile și cauzele lor sînt mai greu de localizat și de explicat deoarece sînt efectul unor fenomene complexe care interacționează, iar remediile implică lucrări de amploare.

Acoperișurile calde sînt utilizate deoarece nu necesită o șarpantă de lemn, au înălțime de construcție redusă, nu sînt vizibile de la nivelul străzii, pot fi utilizate ca punct gospodăresc sau în alte scopuri și corespund cerințelor estetice ale arhitecturii contemporane.

14.5.2. REALIZAREA STRATULUI DE PANTĂ

Acoperișurile înclinate (fig. 14.58) nu necesită un strat de pantă, deoarece aceasta rezultă chiar din poziția elementului portant. Or, cînd este posibil, mai ales la suprafețe mari cum sînt cele ale halelor industriale, astfel de soluții se impun căci stratul de pantă implică încărcări importante și cheltuieli suplimentare nedorite.

Atunci cînd se prevede un strat de pantă, se au în vedere următoarele principii de proiectare:

— volumul stratului de pantă să fie cît mai mic prin alegerea unor pante minime compatibile cu învelitoarea și cu stratul de protecție, iar suprafața se împarte în sectoare (v. fig. 14.4);

— stratul de pantă se execută din materiale ușoare, în acest fel greutatea proprie scade, iar capacitatea de izolare termică este îmbunătățită; sînt preferate materiale cu coeficienți de dilatare-contrație mici și cu umiditate de construcție mică.

Avînd în vedere aceste criterii, stratul de pantă se realizează din betoane de zgură, tuf, granulit, turnate pe șantier (fig. 14.59), din umpluturi termoizolante, din materiale granulare pilonate dispuse în grosime variabilă (fig. 14.60), iar uneori din același material ca și termoizolația prin executarea unui singur strat de grosime variabilă (fig. 14.61).

De regulă, stratul de pantă se dispune sub izolația termică, unde nu este

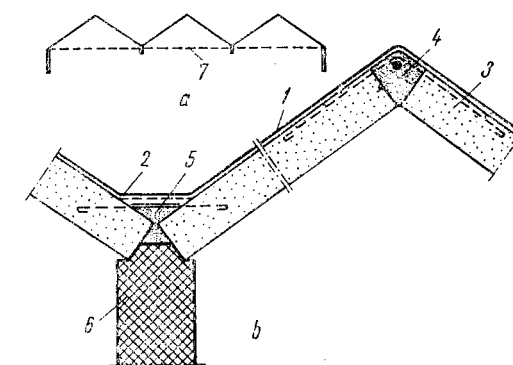


Fig. 14.58. Acoperiș cald, neventilat, de formă cutată la o clădire cu umiditate mică:

a - schema construcției; b - detaliu de acoperiș; 1 - izolație hidrofugă din două straturi de pînză, un strat de carton bitumat și patru straturi de bitum; 2 - izolație hidrofugă la dolie din trei straturi de pînză, un strat de carton bitumat și cinci de bitum; 3 - element prefabricat din BCA; 4 - centură din beton armat la coamă; 5 - monolitizare la dolie; 6 - grindă canal din beton armat; 7 - tirant din oțel.

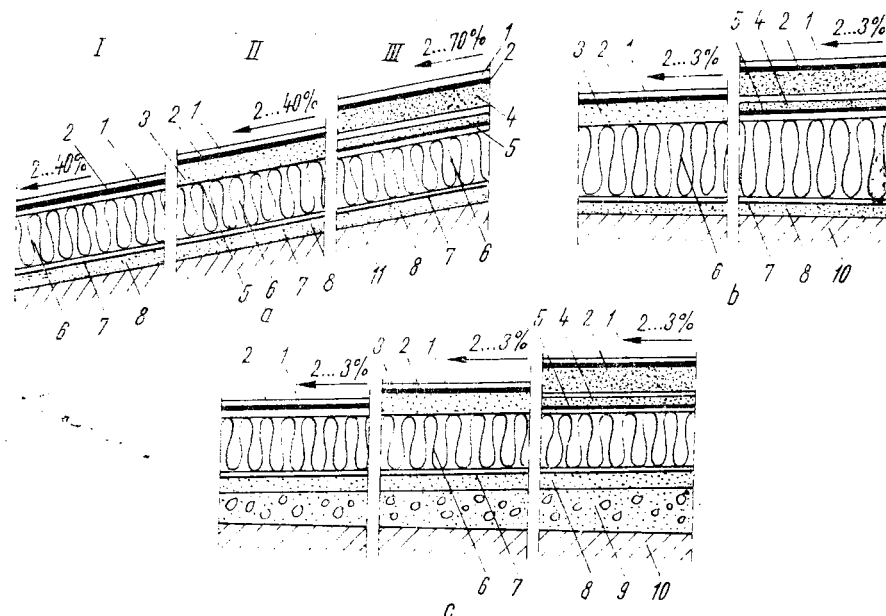


Fig. 14.59. Detalii de acoperișuri terasă, necirculabile (conform normativului C 112-70):

a - cu panta de scurgere realizată prin înclinarea acoperișului; b - cu panta de scurgere realizată din grosimea variabilă a termoizolației; c - cu panta de scurgere realizată din beton de pantă; I - cu hidroizolația aplicată peste stratul termoizolant din polistiren expandat; II - cu hidroizolația aplicată pe o săpă suport nearmată cînd termoizolația este rigidă (betoane usoare); III - cu hidroizolația aplicată pe un strat suport armat cînd termoizolația este elastică (plăci semirigide de vată minerală, materiale în vrac); 1 - strat de protecție a hidroizolației; 2 - hidroizolație prevăzută sau nu cu strat de difuzie; 3 - strat suport al hidroizolației din mortar M 100; 4 - strat suport al hidroizolației din mortar M 100 armat cu rețea din oțel-beton Ø4...6 mm cu ochiuri de 20...25 cm; 5 - strat de protecție mecanică din hirtie Kraft sau carton bitumat; 6 - termoizolație; 7 - barieră contra vaporilor prevăzută sau nu cu strat de difuzie; 8 - strat de egalizare din mortar M100; 9 - beton de pantă; 10 - planșeu orizontal sau cu altă pantă decît cea a învelitorii; 11 - planșeu înclinat cu aceeași pantă ca învelitoarea.

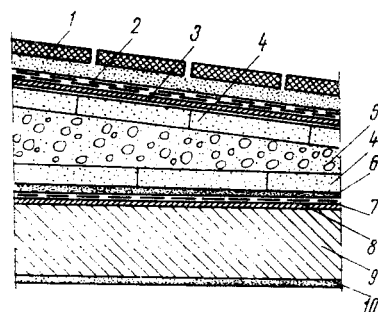


Fig. 14.60. Acoperiș cu strat de pantă din granulit pilonat dispus între două rinduri de plăci din BCA:

1 - strat de protecție din dale pe strat filtrant; 2 - hidroizolație; 3 - strat suport din săpă de mortar de ciment; 4 - plăci BCA; 5 - strat de pantă din granulit pilonat; 6 - nisip de poză, 1 cm grosime; 7 - barieră de vaporii; 8 - săpă de egalizare; 9 - planșeu; 10 - tencuială.

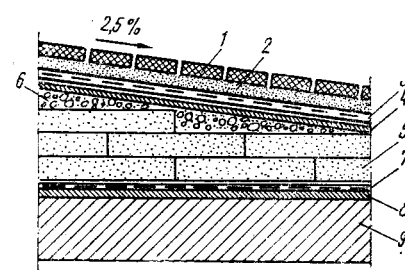


Fig. 14.61. Acoperiș cu izolația termică și panta realizate din plăci de BCA:

1 - strat de protecție din dale prefabricate; 2 - strat filtrant din nisip grăunțos sau pietris; 3 - izolație hidroizolație; 4 - strat suport al hidroizolației; 5 - plăci de BCA (izolație termică și strat de pantă); 6 - completări cu mortar de ciment și spărturi de BCA; 7 - barieră de vaporii din două straturi de bitum și un strat de carton bitumat; 8 - strat de egalizare; 9 - planșeu de rezistență.

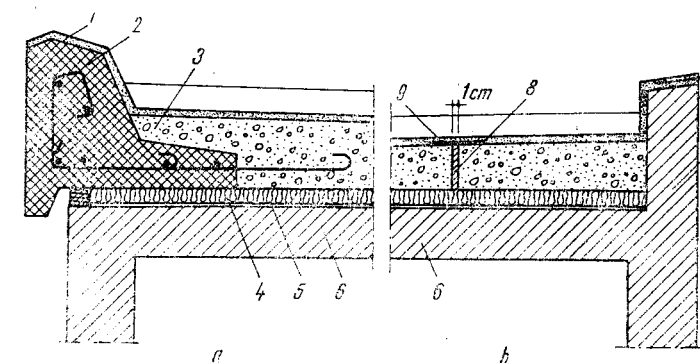


Fig. 14.62. Soluții de prevenire a efectelor negative ale dilatării și contracției stratului de pantă rigid:

a - cu atic independent care se poate dilata liber fără să antreneze structura de rezistență; b - cu rost de dilatație în betonul de pantă; 1 - izolație hidroizolație; 2 - atic independent prefabricat; 3 - beton de pantă; 4 - izolație termică; 5 - barieră de vaporii; 6 - planșeu de rezistență; 7 - atic turnat monolit; 8 - rost umplut cu material elastic; 9 - foaie de tablă pentru acoperirea rostului.

supus la variații mari de temperatură și nu suferă mișcări alternative periculoase, dar contribuie la creșterea inerției termice a acoperișului, mai mult decît dacă ar fi așezat peste termoizolație.

Dacă stratul de pantă se dispune între termoizolație și izolația hidroizolație, atunci este în măsură să absoarbă o parte din căldura radiației solare, ceea ce constituie un avantaj la acoperișuri lipsite de protecție grea. În acest caz însă, stratul de pantă este supus la mișcări alternative importante din cauza variațiilor de temperatură, rezultînd împingeri orizontale asupra aticului, cu consecințe defavorabile asupra întregului acoperiș. Pentru acest caz, în normele franceze se recomandă soluții de prevenire a efectelor negative rezultate din dilatarea și contracția stratului de pantă rigid (fig. 14.62).

Existența unui strat rigid și monolit la partea superioară a acoperișului determină apariția unor fisuri marginale în atic (fig. 14.63 și 14.64). După cum se observă, dilatarea și contracția periodică a straturilor aflate peste termoizolație au ca efect fisuri orizontale în pereții exteriori situați transversal pe direcția de dilatare. Planșeul, care este situat sub izolația termică, nu are variații importante de lungime și nu contribuie la formarea unor astfel de fisuri decît dacă

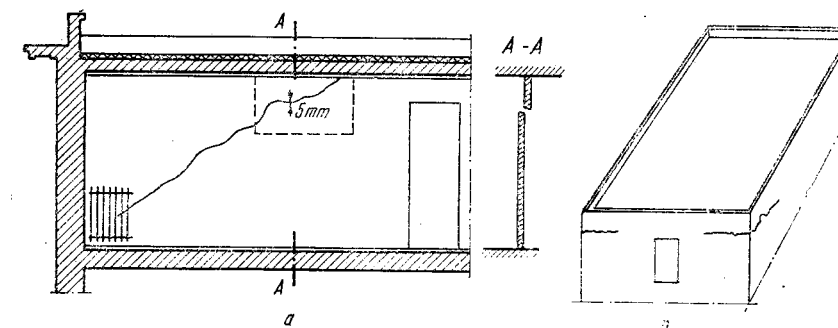


Fig. 14.63. Efectele variațiilor de temperatură și de umiditate asupra structurii de rezistență a unor clădiri:

a - apariția unor fisuri și deplasări transversale ale zidăriei peretelui situat la extremitatea unei clădiri; b - apariția unor fisuri orizontale la colțurile clădirii, ca urmare a contracțiilor planșeului.

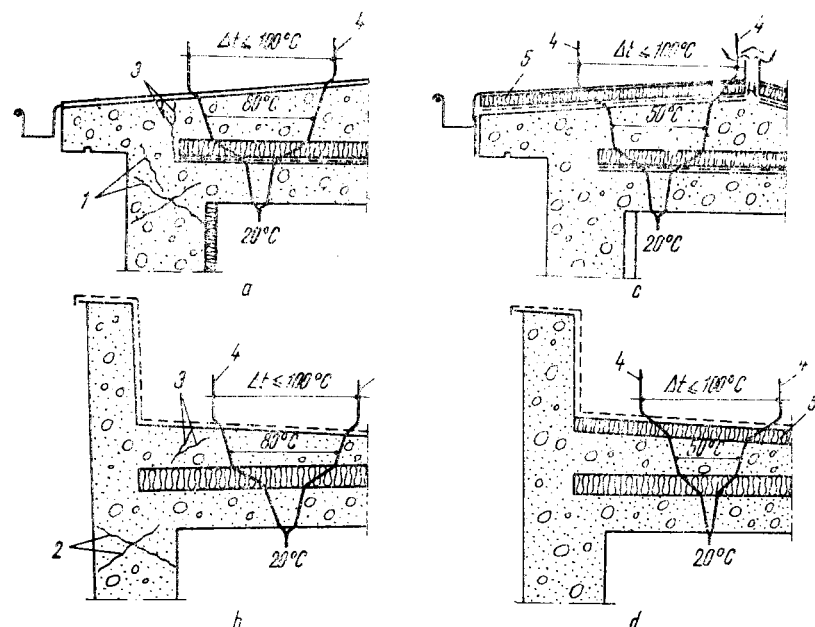


Fig. 14.64. Fisuri cauzate de contracții și dilatări repetate ale stratului de pantă rigid și remedierea lor:

a, b — soluții inițiale; c, d — soluții după remediere; 1 — fisuri în partea superioară a zidăriei la o construcție cu streșină; 2 — fisuri în partea superioară a zidăriei la o construcție cu atic; 3 — fisuri în șapa suport și în betonul de pantă; 4 — variația temperaturilor pe timp de iarnă și pe timp de vară în structura acoperișului; 5 — izolație termică dispusă sub învelitoare pentru a reduce diferența de temperatură în stratul de pantă.

suprafața sa este foarte mare. Pentru a preveni acest efect se dispun rosturi în acoperiș, care întrerup continuitatea tuturor straturilor (fig. 14.65) sau se interzice utilizarea pentru stratul de pantă a betoanelor ușoare cu contracții mari (de exemplu, în normele franceze).

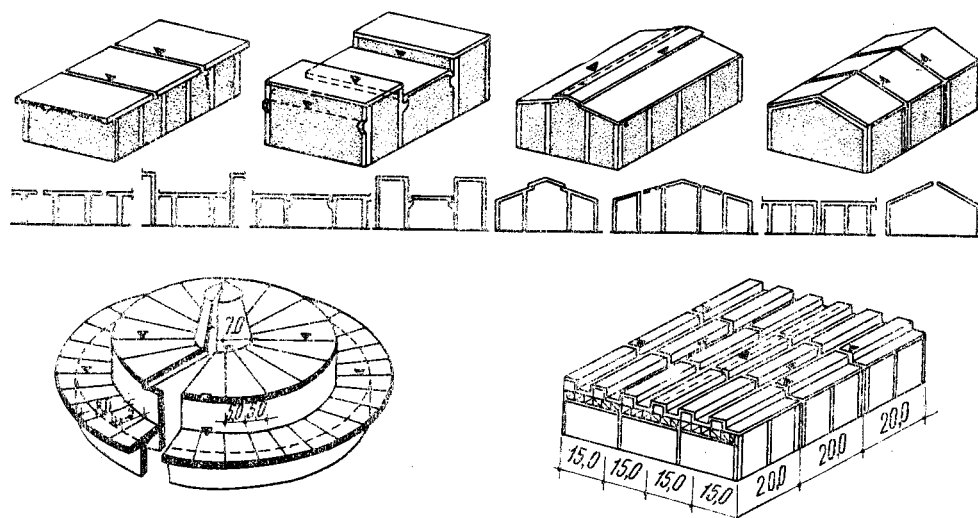


Fig. 14.65. Împărțirea prin rosturi de dilatație a structurii de rezistență a acoperișului în cazul unor suprafețe construite mari (săgețile indică poziția rosturilor).

1.4.5.3. BARIERA DE VAPORI LA ACOPERIȘURILE CALDE, NEVENTILATE

Acoperișurile calde sînt sensibile la fenomene de condens deoarece izolația hidrofugă situată la partea superioară este un strat aproape impermeabil la vapori de apă. Bariera de vapori, obligatorie la acoperișurile calde sub stratul de termoizolație, are rolul de a diminua cantitatea de vapori care migrează de jos în sus și care se acumulează în acoperiș, condensînd în partea rece a termoizolației.

Materialele utilizate pentru realizarea barierelor de vapori la acoperișuri sînt: carton bitumat sau împislitură din fibre de sticlă între două straturi de bitum sau folie de aluminiu între două straturi de bitum. Continuitatea barierei de vapori se asigură prin suprapunerea foliilor și lipirea lor cu bitum.

Bariera de vapori poate fi deteriorată de către asperitățile straturilor între care este presată în cursul executării lucrărilor și ulterior în exploatare, prin circulație în timpul execuției sau prin deplasările stratului suport și părților superioare ale acoperișului, determinate de variații de temperatură și de umiditate. Pentru evitarea acestor degradări se impun măsuri corespunzătoare: prevederea unor șape de egalizare sub bariera de vapori și deasupra ei (sau eventual un strat de nisip), circulație pe podini și cu cizme de cauciuc în timpul execuției etc.

1.4.5.4. IZOLAȚII TERMICE LA ACOPERIȘURILE CALDE, NEVENTILATE

Izolația termică are un rol esențial în ceea ce privește comportarea higrotermică a acoperișurilor calde, neventilate deoarece:

- limitează pierderile de căldură în perioada rece a anului iar în timpul verii reduce fluxul de căldură care tinde să pătrundă de la exterior spre interior;
- reduce la minimum variațiile de temperatură ale structurii de rezistență;
- influențează migrația apei în structura acoperișului și evitarea fenomenelor de condens.

Sortimentul de materiale eficiente cu care se pot realiza termoizolațiile la acoperișurile calde este foarte bogat: spume rigide din mase plastice, produse pe bază de vată și pislă minerală, betoane ușoare, umpluturi cu material în vrac etc.

Pentru a corespunde cerințelor, termoizolația trebuie să îndeplinească următoarele condiții:

- să fie suficient de rigidă, astfel încît să nu se taseze sub acțiunea greutății straturilor superioare și a celorlalte încărcări (zăpadă, utile etc.);
- să nu își modifice proprietățile la temperaturile relativ ridicate și apoi scăzute care intervin sub învelitoare;
- să nu prezinte spații libere; plăcile rigide vor fi dispuse alăturat, de preferință în două rînduri, cu rosturile decalate (v. fig. 14.61) iar plăcile elastice vor fi presate, astfel încît să umple perfect locul ce le este destinat;
- să nu favorizeze acumularea apei prin condens, să nu conducă la umidități exagerate și să revină la starea de echilibru higroscopic în timpul sezonului cald, cînd are loc evaporarea apei acumulate.

Împreună cu celelalte straturi care compun acoperișul cald, termoizolația trebuie să permită satisfacerea condițiilor prescrise de STAS 6472/3-73, în raport cu destinația clădirii.

14.5.5. REALIZAREA STRATULUI SUPT AL HIDROIZOLAȚIEI

Acest strat îndeplinește în primul rând funcțiunea de a asigura o suprafață continuă, netedă, plană în cîmp și rotunjită la contactul cu elementele verticale, pe care să poată fi așezată hidroizolația (fig. 14.66). În același timp, suportul contribuie la îmbunătățirea condițiilor de solicitare a hidroizolației și termoizolației, moderînd intensitatea și efectul acțiunilor termice la care sînt supuse. Astfel, dacă între hidroizolație și termoizolație se află un strat suport capabil să absoarbă o parte din căldura pe care învelitoarea o primește de la soare, atunci temperaturile maxime pe suprafața învelitorii sînt mai mici. Capacitatea de acumulare a căldurii de către stratul suport este proporțională cu valoarea coeficientului de asimilare termică, ($S = 0,59 \sqrt{\lambda c \rho}$). Ținînd seama de faptul că hidroizolația se execută din materiale pe bază de bitum care nu rezistă la temperaturi ridicate, se interzice executarea acoperișurilor cu hidroizolația montată direct pe termoizolație, exceptînd cazul în care există o protecție care atenuează efectul radiației solare (dale prefabricate, pietriș gros etc.).

Atunci cînd hidroizolația se aplică prin procedeul la cald (cu bitum topit), stratul suport are și funcțiunea de a proteja termoizolația executată din materiale plastice (polistiren celular), care s-ar putea distruge din cauza temperaturilor ridicate.

În mod obișnuit, suportul hidroizolației este constituit dintr-o șapă de mortar de ciment M 100 a, drîscuită, cu grosimea de 30...35 mm. Pentru evitarea fisurilor care se produc din cauza contracțiilor la variații de temperatură și umiditate, suportul se armează cu o rețea de bare $\varnothing 4...6$ mm cu ochiuri de 200...250 mm. Armarea este obligatorie în cazul cînd suportul este compresibil (pîslă) sau constituit dintr-o umplutură pilonată (granulit) dar poate lipsi dacă termoizolația este rigidă. Grosimea șapei poate fi mai mică dacă termoizolația este plană (plăci mari din beton celular autoclavizat etc.). Pentru evitarea apariției fisurilor din contracție, la distanțe de 4...6 m, se lasă rosturi care se umplu cu mastic de bitum. În jurul gurilor de scurgere, pe distanță de 30 cm, stratul suport trebuie să aibă o pantă de cel puțin 5% și o adîncitură în care să poată fi aplicat un strat suplimentar de hidroizolație. La racordări între suprafețe verticale și orizontale scafele, trebuie să fie rigide pentru a nu permite forfecarea hidroizolației.

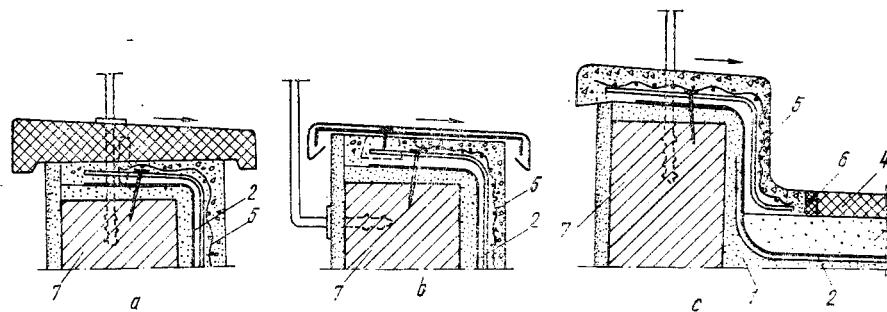


Fig. 14.66. Detalii de execuție a protecției și a stratului suport în dreptul aticului:
a - protejarea aticului cu elemente prefabricate din beton armat; b - protejarea aticului cu tablă; c - protejarea aticului cu mortar de ciment, armat cu plasă de răbit; 1 - strat suport al hidroizolației; 2 - hidroizolație ridicată pe atic; 3 - strat drenant din nisip; 4 - protecția hidroizolației cu dale prefabricate; 5 - protecția hidroizolației pe atic cu mortar de ciment armat cu plasă de răbit; 6 - dop de bitum; 7 - atic.

Înainte de montarea hidroizolației, stratul suport se verifică din punctul de vedere al planității, pantelor, calității mortarului și umidității.

După cum se știe, deși există bariera de vapori, sub învelitoare se manifestă tendința de acumulare a apei, ca rezultat al difuziei vaporilor. Cînd temperatura exterioară este coborîtă, are loc fenomenul de condens, iar cînd partea superioară a acoperișului se încălzește sub efectul radiației solare, apa se transformă în vapori. Presiunea vaporilor crește și determină formarea unor bășici; concomitent cu desprinderea locală a învelitorii de pe suport, hidroizolația fiind puternic solicitată, se rupe (fig. 14.67). Stratul de difuzie a vaporilor are tocmai rolul de a împiedica acest lucru, creînd sub învelitoare, un spațiu subțire de migrație care se pune în contact cu atmosfera prin deflectoare și pe perimetrul construcției.

Ca materiale pentru realizarea stratului de difuzie se utilizează cartonul bitumat blindat tip CBP sau împîslitura de fibră de sticlă bitumată blindată, tip IBP. Ambele sînt perforate și prevăzute cu nisip grăunțos aderent pe fața inferioară.

Straturile de difuzie a vaporilor se dispun sub hidroizolație și uneori sub bariera de vapori sau sub ambele, acolo unde se apreciază că există riscul acumulării apei și apariției unor suprapresiuni (fig. 14.68). Dacă stratul de difuzie este așezat sub hidroizolație, prin acesta se asigură prinderea discontinuă a învelitorii pe stratul suport.

Ar fi nejustificat să se considere că stratul de difuzie asigură respirația acoperișului sau uscarea lui. Circulația tangențială a vaporilor de apă prin filtrare sau difuzie, ca și a aerului, întîmpină rezistențe enorme deoarece stratul de aer liber este extrem de subțire iar distanțele parcurse sînt mari. Distanța excesiv de mică pe care o pot menține grăunțele de nisip între învelitoare și suportul

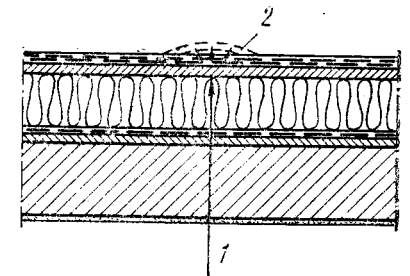


Fig. 14.67. Defecte ale hidroizolației datorate migrării vaporilor de apă de la interior spre exterior:
1 - migrația vaporilor de apă; 2 - bășică formată sub hidroizolație.

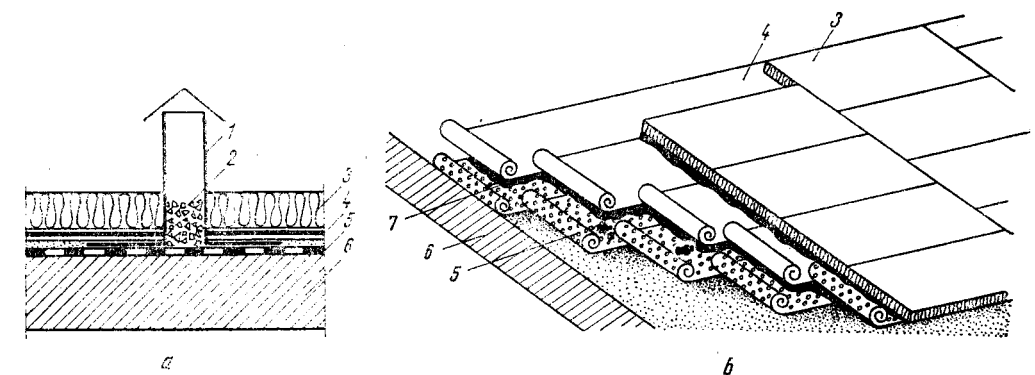


Fig. 14.68. Barieră de vapori pe strat de difuzie din carton bitumat perforat și blindat cu nisip grăunțos:

a - secțiune; b - vedere; 1 - deflector pentru ventilarea stratului de difuzie; 2 - material granular; 3 - termoizolație; 4 - barieră de vapori; 5 - strat de difuzie; 6 - planșeu; 7 - mastic de bitum pentru lipirea barierei de vapori pe stratul de difuzie.

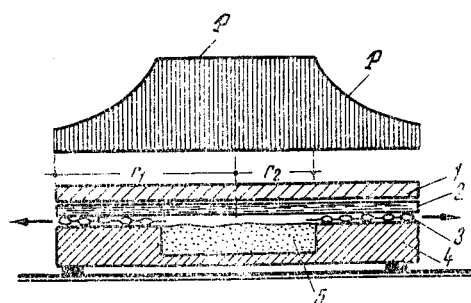


Fig. 14.69. Dispozitiv circular din aluminiu pentru măsurarea permeabilității la vaporii de apă a straturilor de difuzie prin cîntărire la intervale regulate:

1 - capac; 2 - strat de carton bitumat; 3 - granule de nisip; 4 - strat suport; 5 - nisip îmbibat cu apă; p - diagramă de variație a presiunii parțiale a vaporilor de apă.

său scade cu timpul sub efectul încăcărilor verticale, temperaturii și curgerii lente a materialelor plastice (în special, a bitumului). Numai în cazul cînd există diferențe mari de presiune, stratul de difuzie permite migrația vaporilor, dar pe distanțe nu prea mari.

Cercetări efectuate în laborator (cu dispozitivul din figura 14.69) de către autori, asupra permeabilității la vaporii de apă a cartonului bitumat blindat cu nisip grăunțos conduc la concluzia că acesta are o eficiență foarte mică și nu poate contribui la uscarea acoperișului. Permeabilitatea tangențială la vaporii de apă a stratului de difuzie este inferioară celei pe care o prezintă termoizolația. Rezultate eficiente se obțin cu materiale de tipul celor din figura 14.70, care creează canale de difuzie sau prin așezarea distanțată a plăcilor rigide de termoizolație (fig. 14.71). Utilizarea stratului de difuzie din foi blindate poate fi considerată satisfăcătoare numai la construcții de acoperișuri peste spații cu umidități relative interioare care nu depășesc 60...70 %.

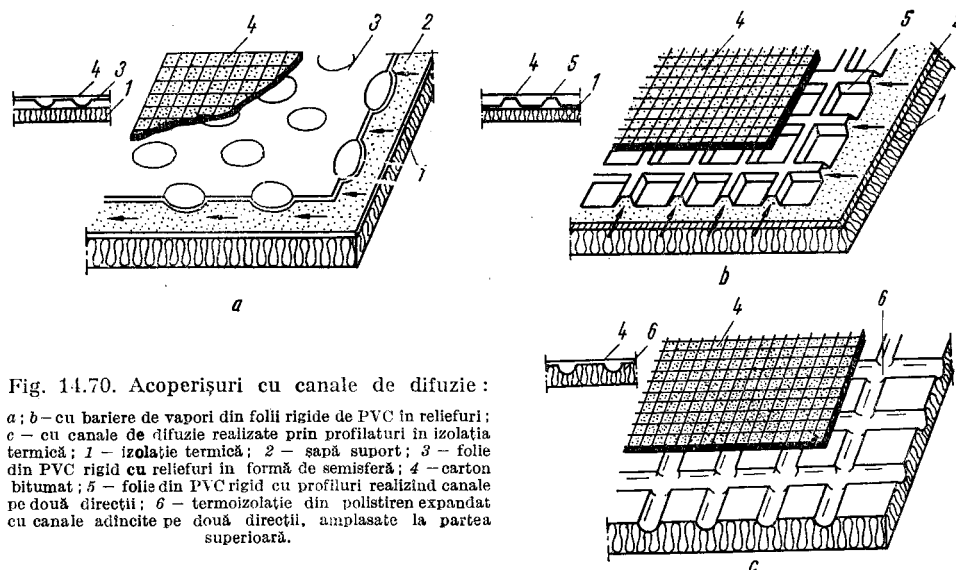


Fig. 14.70. Acoperișuri cu canale de difuzie:

a - cu bariere de vaporii din folii rigide de PVC în reliefuri; b - cu canale de difuzie realizate prin profiluri în izolația termică; 1 - izolație termică; 2 - sapă suport; 3 - folie din PVC rigid cu reliefuri în formă de semisferă; 4 - carton bitumat; 5 - folie din PVC rigid cu profiluri realizând canale pe două direcții; 6 - termoizolație din polistiren expandat cu canale adîncite pe două direcții, amplasate la partea superioară.

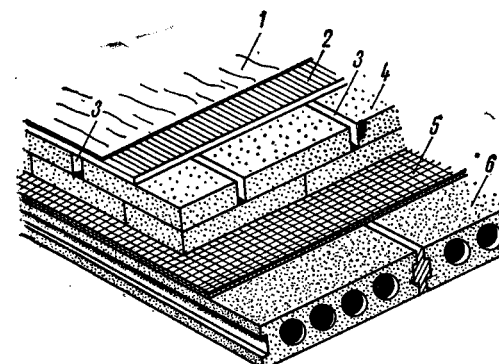
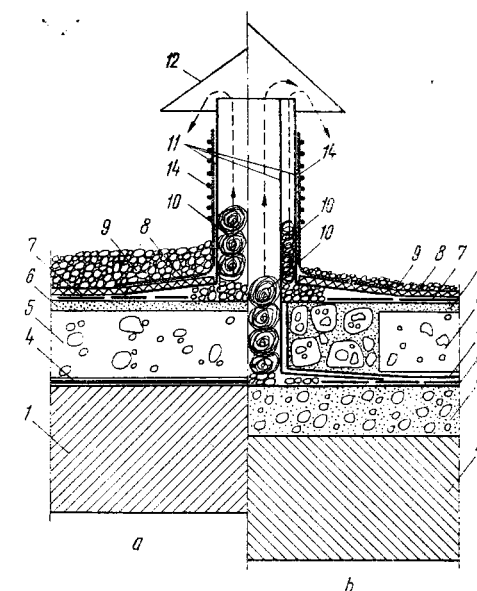


Fig. 14.71. Acoperiș cu canale de difuzie realizate prin dispunerea distanțată a plăcilor de termoizolație: 1 - izolație hidrofugă; 2 - sapă suport; 3 - canal de difuzie; 4 - izolație termică din plăci de BCA în dublu strat, stratul al doilea avînd plăcile dispuse distanțat; 5 - barieră de vaporii; 6 - planșeu din elemente prefabricate.

Fig. 14.72. Detaliu de montare a deflectoarelor: a - deflector simplu pentru stratul de difuzie amplasat sub hidroizolație; b - deflector dublu pentru două straturi de difuzie; 1 - planșeu de rezistență așezat în pantă; 2 - planșeu de rezistență orizontal; 3 - beton de pantă; 4 - barieră de vaporii; 5 - izolație termică; 6 - strat suport al hidroizolației; 7 - strat de difuzie sub hidroizolație; 8 - hidroizolație; 9 - strat de protecție a hidroizolației; 10 - pîslă; 11 - deflector din tablă; 12 - căciula deflectorului; 13 - strat de difuzie sub bariera de vaporii; 14 - strat suplimentar de hidroizolație, lipit pe peretii deflectorului și legat cu sîrmă.



Este foarte important ca stratul de difuzie sau rețeaua de canale înguste să comunice cu atmosfera prin guri de aerisire în cîmp (deflectoare) și la marginile acoperișului. Dispunerea deflectoarelor este obligatorie dacă lățimea acoperișului depășește 12 m. Fiecare deflector poate deservi o suprafață de acoperiș pînă la 120 m². În figura 14.72 este prezentat detaliul de alcătuire și montare a deflectoarelor pentru unul sau două straturi de difuzie. Dacă pe conturul acoperișului nu se poate realiza o comunicare liberă între stratul de difuzie și aerul exterior, se prevăd dispozitive speciale de aerare, de genul celor prezentate în figura 14.73.

La stabilirea detaliilor pentru acoperișuri terasă trebuie analizate cu atenție, pe lîngă posibilitățile de infiltrare a apelor din exterior, migrația vaporilor de apă și, în general, comportarea acoperișului în timp. Aceasta implică calcule, experimentări de laborator și la scară naturală înainte ca sistemul să poată fi generalizat. Unele alcătuiri considerate acoperitoare, la care fenomenele nu au fost corect apreciate au condus la rezultate nefavorabile. Astfel, poate fi citat exemplul acoperișului pentru o hală blindată din industria textilă, în care umiditatea relativă interioară ridicată era impusă de procesul tehnologic de fabricație. Soluția adoptată prevedea straturi de izolare hidrofugă, termică și barieră de vaporii, evident supradimensionate (fig. 14.74) și strat de protecție din aluminiu, impermeabil la vaporii de apă, dispus la suprafața exterioară. În această situație, acoperișul a devenit un fel de capcană atît pentru apa inițială de construcție (introdusă odată cu plăcile de beton celular autoclavizat umede), cit și pentru apa care pătrundea încet de jos în sus prin difuzia vaporilor în ciuda barierei care a fost dispusă la partea inferioară a termoizolației. Rezultatul a fost nesatisfăcător, întrucît sub hidroizolație s-a adunat din ce în ce mai multă apă care a început să influențeze negativ capacitatea de izolare termică.

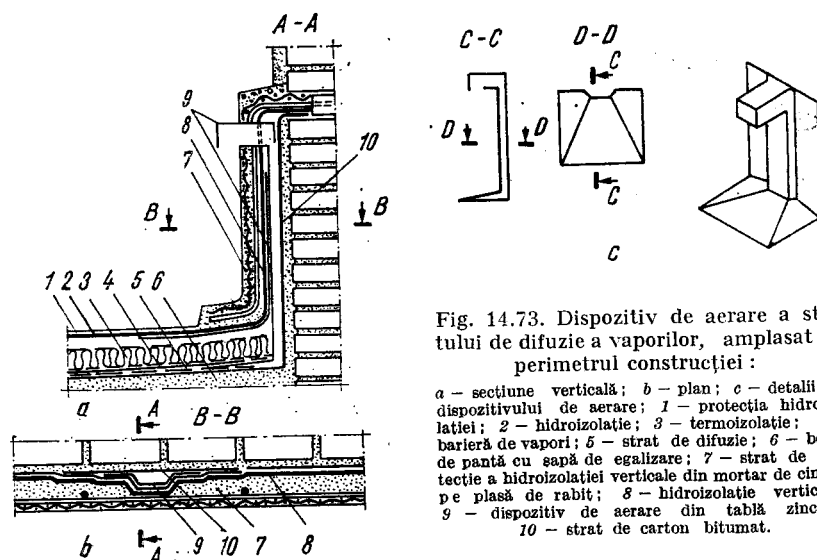


Fig. 14.73. Dispozitiv de aerare a straturilor de difuzie a vaporilor, amplasat pe perimetrul construcției:

a - secțiune verticală; b - plan; c - detalii ale dispozitivului de aerare; 1 - protecția hidroizolației; 2 - hidroizolație; 3 - termoizolație; 4 - barieră de vaporii; 5 - strat de difuzie; 6 - beton de pantă cu sapă de egalizare; 7 - strat de protecție a hidroizolației verticale din mortar de ciment pe plasă de răbit; 8 - hidroizolație verticală; 9 - dispozitiv de aerare din tablă zincată; 10 - strat de carton bitumat.

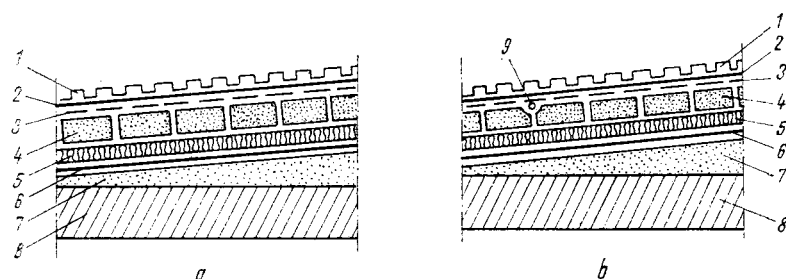


Fig. 14.74. Soluție de acoperiș terasă la o hală din industria textilă cu $\phi_i > 60\%$: a - soluție inițială; b - soluție îmbunătățită; 1 - protecție din tablă cutată de aluminiu; 2 - izolație hidrofulă cu împielitură de sticlă; 3 - strat de difuzie din carton bitumat blindat; 4 - izolație termică din plăci de BCA; 5 - izolație termică din polistiren expandat de 2,4 cm grosime; 6 - barieră de vaporii; 7 - strat de pantă din beton ușor cu granuli; 8 - planșeu; 9 - tevi de aerisire comunicante cu deflectoarele.

Vara, la orele de temperatură maximă, apa captivă se transformă în vapori cu presiune mărită, determinând umflarea învelitorii. Remedierea a putut fi asigurată prin dispunerea pe acoperiș a unor deflectoare care să permită eliminarea treptată a apei sub formă de vapori. O învelitoare obișnuită, care ar fi permis difuzia vaporilor de apă spre exterior, s-ar fi comportat mai bine și ar fi costat mai puțin.

14.5.6. REALIZAREA IZOLAȚIEI HIDROFUGE LA ACOPERIȘURILE CALDE, NEVENTILATE

La acoperișurile calde, neventilate, învelitoarea trebuie să asigure o protecție totală împotriva infiltrațiilor de apă; din această cauză ea trebuie să fie continuă și este de fapt o izolație hidrofulă.

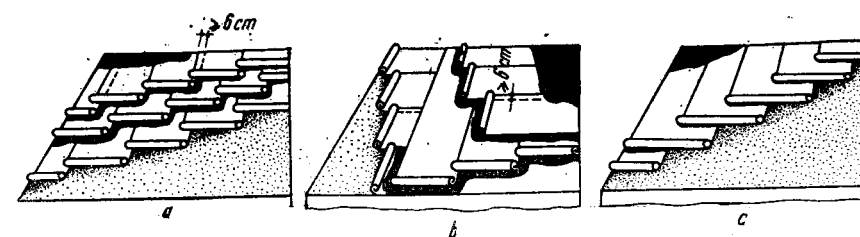


Fig. 14.75. Modalități de dispunere a straturilor de bitum și ale foilor bitumate (țesături, carton etc.):

a - succesiv; b - încrucișat; c - suprapus.

Expusă la radiații, la variații mari de temperatură (uneori între $-15 \dots +80^\circ\text{C}$), la deformări apreciabile ale suportului, la pericolul de putrezire și la presiuni locale, învelitoarea trebuie să satisfacă condiții severe în ceea ce privește materialele utilizate cit și ca alcătuire.

Pentru realizarea hidroizolațiilor pot fi utilizate: straturi de bitum armate cu fibre de sticlă, cu fibre vegetale sau cu țesături din mase plastice care conferă izolației hidrofulă capacitatea de a prelua eforturi de întindere și o anumită elasticitate; folii de aluminiu acoperite cu bitum sau folii din mase plastice.

Tipul cel mai răspândit de hidroizolație este cel în straturi succesive de bitum armat cu fibre (sistemul multistrat — fig. 14.75 și 14.76), care poate fi dispus pe stratul suport în mod independent, semiindependent sau aderent (fig. 14.77).

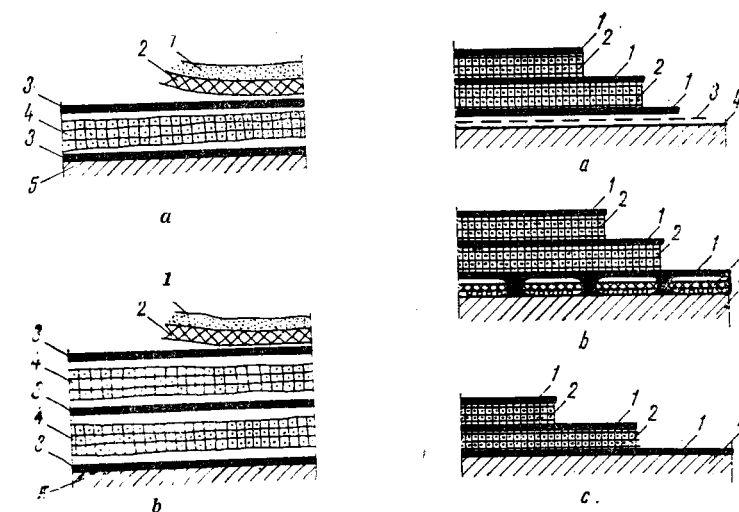


Fig. 14.76. Izolații hidrofulă cu straturi succesive de bitum și foi bitumate:

a - cu un strat de carton bitumat și unul de pinză impregnată; 2 - cu un strat de carton bitumat și două de pinză impregnată; 1 - sapă de protecție din mortar de ciment, nisip și bitum filerizat; 2 - carton bitumat; 3 - bitum sau mastic de bitum filerizat; 4 - pinză impregnată; 5 - strat suport.

Fig. 14.77. Sisteme de fixare a izolației hidrofulă pe stratul suport:

a - independent; b - semiindependent; c - aderent; 1 - bitum sau mastic de bitum filerizat; 2 - carton sau pinză bitumată; 3 - hirtie Kraft nelipită; 4 - strat suport; 5 - carton bitumat perforat, cu nisip grăunțos la partea inferioară.

Sistemul independent se utilizează la acoperișuri cu panta sub 50%, pe orice tip de strat suport. Straturile hidroizolației nu aderă pe suport deoarece nu sînt lipite de acesta. Independența hidroizolației față de suport este asigurată cu un strat de hîrtie Kraft dispusă pe toată suprafața. Sistemul se comportă avantajos atunci cînd suportul prezintă deformații din cauza variațiilor de umiditate, de temperatură sau din alte motive, izolația hidrofugă fiind astfel mai puțin solicitată. Dacă se utilizează acest sistem, acoperișul necesită o protecție de tip greu, pentru a împiedica smulgerea învelitorii de către vînt. Pantele mari nu sînt admise deoarece există pericolul de lunecare a învelitorii pe stratul suport.

Sistemul semiindependent, aplicat curent în țara noastră, se caracterizează prin faptul că hidroizolația este lipită de suport numai prin puncte (de exemplu, prin găurile cartonului bitumat blindat utilizat ca strat de difuzie). Normele franceze recomandă acest sistem numai pentru acoperișuri cu pante peste 5% deoarece la pante mai mici este rațional să se folosească sistemul independent.

Sistemul aderent se caracterizează prin faptul că hidroizolația este lipită pe toată suprafața suportului, fiind supusă la solicitări importante dacă deformatiile suportului sînt mari (se admite maximum 1 mm). Ținînd seama de acest fapt, sistemul aderent se recomandă numai dacă există motive speciale (de exemplu, pantă mare a stratului suport).

Continuitatea hidroizolației se asigură prin suprapuneri ale straturilor de armare din pinză sau carton, la capete și lateral.

Se deosebesc două sisteme de punere în operă a hidroizolațiilor cu bitum:

— *prin metoda la cald* pe suport uscat, cu minimum două straturi de bitum, la lucrările provizorii și trei, la cele definitive, folosind masticiuri topite (fierbinți) și pinză gata impregnată din fabrică sau carton.

— *prin metoda la rece*, pe suport în prealabil umezit, folosind straturi alternative de țesătură impregnată pe șantier și suspensie de bitum filerizat.

Hidroizolațiile nu pot fi executate în sezonul rece. Metoda la cald cere timp uscat pentru ca suportul să nu fie umez și pentru ca bitumul să rămînă cald la punerea în operă spre a adera și a se întinde în straturi subțiri, pătrunzînd în țesătură. Dacă suportul este umez, bitumul fierbinte face să se degajeze vapori de apă care împiedică orice aderență și determină apariția de bășici, care cresc ulterior și au un efect negativ asupra învelitorii. Metoda la rece implică o temperatură pozitivă ca să nu existe riscul de îngheț al apei, înainte ca aceasta să se fi evaporat și o umiditate scăzută a aerului, ceea ce de asemenea, nu se poate asigura decît la temperaturi de peste 5°C.

Învelitorile realizate din țesături organice (cîneapă, celuloză etc.) sînt expuse riscului de putrezire dacă nu sînt bine înglobate în bitum și dacă apele staționează un timp mai îndelungat pe suprafața lor.

14.5.7. REALIZAREA STRATULUI DE PROTECȚIE A HIDROIZOLAȚIEI

Acesta este ultimul strat care se dispune pe suprafața acoperișului, pentru a asigura protecția corespunzătoare a hidroizolației față de acțiunile rezultate din: radiația solară, șocuri mecanice, diferențe de temperatură, uzură etc.

Stratul de protecție poate determina o reducere a temperaturii pe suprafața învelitorii prin:

— mărirea factorului de reflexie a radiațiilor și în acest scop se execută lucios și de culoare deschisă;

— mărirea inerției termice a acoperișului și chiar a rezistenței la trecerea căldurii de la suprafața acestuia pînă la învelitoare (protecție cu dale, pietriș etc.).

În ceea ce privește solicitările mecanice, trebuie să se facă distincție între terasele circulabile și cele care sînt doar accesibile (necirculabile). Acoperișurile-terasă circulabile sînt destinate unor activități gospodărești sau comerciale (uscătorii, cofetării, restaurante etc.). Acoperișurile necirculabile trebuie să permită accesul pentru întreținere, a cărei importanță nu trebuie subestimată.

În cazul teraselor circulabile, protecția hidroizolației se asigură cu plăci sau dale din beton armat, uneori mozaicate, montate pe un strat filtrant din pietriș, granolit sau nisip (fig. 14.78, a, b). Apa care se infiltrează prin rosturile dintre dale și ajunge la stratul de hidroizolație, se scurge urmărind linia de cea mai mare pantă către gurile de scurgere fixate în acest scop. Mai rar, protecția hidroizolației se asigură cu plăci prefabricate montate pe un pat de mortar (fig. 14.78, c), ori pe reazeme speciale sau cu mozaic turnat (fig. 14.78, d).

Dacă pe terase se circulă numai pentru întreținere, protecția cea mai indicată se realizează cu pietriș, fără dale (fig. 14.78, a). Cu acest tip de protecție se obține un preț de cost scăzut și se face economie de ciment; uscarea este favorizată iar încălzirea în timpul verii este mai slabă. Mai puțin avantajoasă în exploatare este protecția cu un strat suplimentar de carton bitumat peste care se toarnă o șapă din mortar de ciment, nisip și suspensie de bitum filerizat (fig. 14.79, b). Protecția în timp de vară împotriva creșterii excesive a temperaturii la partea superioară a acoperișului se poate obține și cu învelitori numite *autoprotejate*. Acestea au la partea superioară un strat metalic subțire, care reflectă radiațiile solare (fig. 14.79, c). Un astfel de material numit VERAL este realizat dintr-o

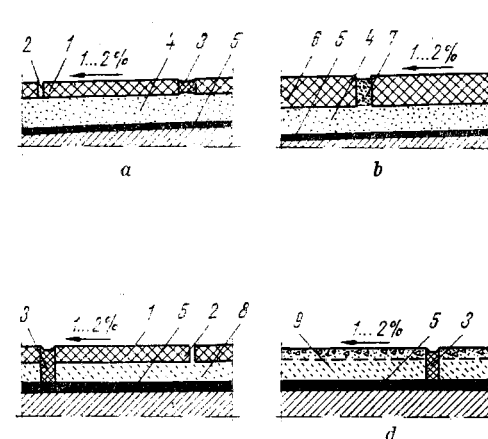


Fig. 14.78. Straturi de protecție la acoperișuri-terasă circulabile:

a — din plăci prefabricate pozate în nisip; b — din dale prefabricate pozate în nisip; c — din plăci prefabricate așezate în mortar; d — din mozaic turnat în panouri; 1 — plăci prefabricate cu dimensiunile 20×20×2 cm; 2 — rost curent de 1...2 mm, umplut cu lapte de ciment; 3 — rosturi la distanțe de 4...6 m, umplute cu mastic de bitum; 4 — nisip grăunțos; 5 — hidroizolație; 6 — dale prefabricate cu dimensiunile 40×40×4 cm sau 50×50×4 cm; 7 — rost curent de 1...2 cm umplut cu nisip; 8 — mortar de ciment; 9 — mozaic turnat.

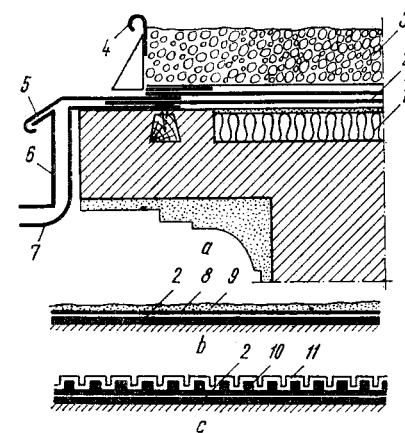


Fig. 14.79. Straturi de protecție la acoperișuri-terasă necirculabile:

a — din pietriș; b — din șapă de ciment și bitum filerizat; c — din folie de aluminiu; 1 — izolație termică; 2 — izolație hidrofugă; 3 — strat de protecție din pietriș; 4 — pazie de tablă; 5 — sort de tablă; 6 — jgheab; 7 — cîrlig pentru susținerea jgheabului; 8 — strat suplimentar de carton bitumat; 9 — șapă din mortar de ciment, nisip și suspensie de bitum filerizat; 10 — împilătură din fibre de sticlă bitumată; 11 — aluminiu cutat.

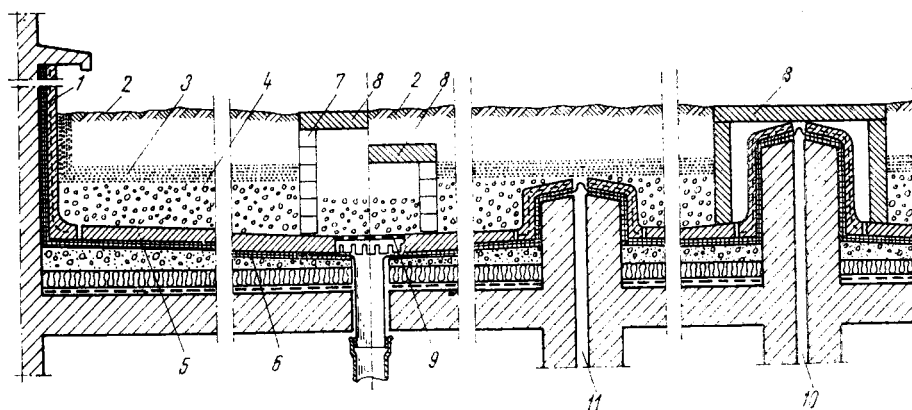


Fig. 14.80. Acoperiș-terasă amenajat ca grădină:

1 - hidroizolație verticală pentru protecție la zăpezi, ploai cu vânt sau inundarea acoperișului când se înfundă gurile de scurgere; 2 - pământ vegetal; 3 - carton ondulat permeabil; 4 - pietris; 5 - protecția hidroizolației (sapă sau dale); 6 - hidroizolație; 7 - canal colector din cărămidă perforată; 8 - capac demontabil; 9 - scurgere cu grilă; 10 - rost vizibil; 11 - rost ascuns.

impislitură din fibră de sticlă bitumată, acoperită cu o foiță cutată din aluminiu. Eficiența nu este foarte bună în timp, întrucât absorbția acestei suprafețe devine din ce în ce mai mare, pe măsură ce metalul se acoperă cu praf și capătă o culoare închisă.

Pentru protecția împotriva încălzirii, s-a încercat vopsirea periodică a acoperișurilor cu alb, obținându-se vara o scădere efectivă a temperaturilor la ultimul nivel. În țările calde se folosesc diverse sisteme cu bazine de apă, dispozitive de stropire și ventilare etc. Acoperișul terasă poate fi amenajat și ca grădină, partea superioară fiind în acest caz acoperită cu un strat de pământ vegetal (fig. 14.80).

14.5.8. ACOPERIȘURI UȘOARE

În ultimul timp, au căpătat o utilizare din ce în ce mai mare soluțiile de acoperișuri autoportante foarte ușoare, cu izolare termică din polistiren celular sau pislă pe elemente portante ondulate din azbociment sau tablă cutată (fig. 14.81), aplicabile la numeroase tipuri de clădiri. Rezultă reducerea costului investiției, scăderea greutateii proprii a clădirii și consumuri minime de materiale. Astfel de soluții, aplicate curent în străinătate, încep a fi utilizate și în țara noastră. La aceste tipuri de acoperișuri partea superioară este o învelitoare de tablă

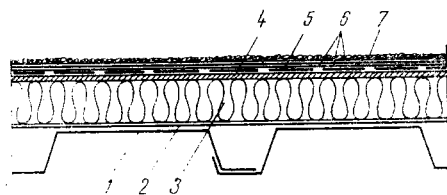


Fig. 14.81. Acoperiș ușor:

1 - panouri cutate din tablă zincată, protejate anticorrosiv cu grund reactiv și soluție de bitum tăiat; 2 - barieră contra vaporilor din carton bitumat; 3 - termoizolație din polistiren celular; 4 - sapă suport din mortar pe bază de aracet; 5 - strat de difuzie din carton bitumat perforat; 6 - hidroizolație bituminoasă; 7 - protecția hidroizolației cu pietris mărgăritar.

profilată, din pinză ori carton bitumat. Rezultă că acoperișul poate fi considerat ca aparținând tipului rece (învelitoare ondulantă care permite ventilarea activă) sau tipului cald (învelitoare bituminoasă pe termoizolație).

14.6. ACOPERIȘURI CALDE, VENTILATE

14.6.1. CARACTERISTICI GENERALE

Din cauza fenomenelor de condens, acoperișurile calde, neventilate nu pot fi utilizate peste încăperi cu umiditate relativă interioară mare. Acoperișurile calde, ventilate (v. fig. 14.12) constituie o perfecționare relativ recentă a soluțiilor de acoperișuri și se caracterizează prin faptul că includ spații libere (pătură continuă sau rețea de canale) pentru ventilare (fig. 14.82 și 14.83). Aerul care circulă prin interiorul acoperișului antrenează vaporii de apă și îi conduce spre exterior mult mai repede decât este posibil prin procesul de difuzie.

Deși prezintă unele asemănări cu acoperișurile reci de tipul arătat în figurile 14.26 și 14.27, aceste acoperișuri ventilate trebuie considerate calde întrucât:

- exceptând faptul că sînt prevăzute cu un spațiu de ventilare, structura lor este identică cu cea a acoperișurilor calde;
- nu au pod (canalele ori spațiul liber au o înălțime foarte mică, atît cît este necesar pentru ventilare);
- aerul nu străbate învelitoarea care este continuă și impermeabilă;
- influența ventilării asupra regimului de temperatură al acoperișului este mică, limitată la o porțiune de capăt, astfel că învelitoarea se află iarna la o temperatură superioară celei de la acoperișurile reci și identică cu cea a acoperișului cald cu structură corespunzătoare.

Pentru proiectarea acoperișurilor calde ventilate trebuie să se calculeze:

- viteza de circulație a aerului în spațiul de ventilare;
- efectul ventilării asupra temperaturii diverselor straturi ale acoperișului;
- influența ventilării asupra regimului de umiditate a acoperișului.

În cele ce urmează se prezintă aspecte fundamentale care permit să se aprecieze influența ventilării interioare asupra comportării higrotermice a acoperișurilor calde.

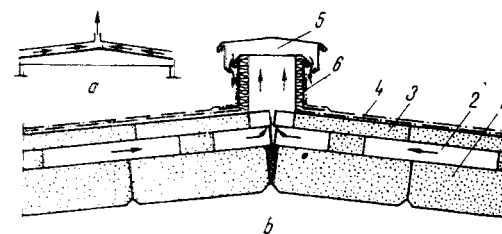


Fig. 14.82. Acoperiș cald cu spațiu de ventilare continuu și cu planșeu termoizolant din fișii de BCA [102];

a - schema acoperișului; b - detaliu de acoperiș în dreptul deflectorului; 1 - fișii din BCA; 2 - spațiu de ventilare; 3 - strat suport al hidroizolației din fișii de BCA; 4 - hidroizolație; 5 - deflector larg cu izolație termică; 6 - strat de protecție a termoizolației deflectorului.

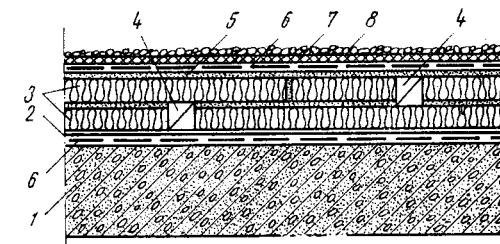


Fig. 14.83. Detaliu de acoperiș cald, ventilat cu canale interioare dispuse în termoizolație:

1 - planșeu; 2 - barieră de vaporii; 3 - termoizolație; 4 - canale de aerisire; 5 - sapă suport din mortar de ciment; 6 - strat de difuzie; 7 - izolație hidrofugă; 8 - protecție cu nisip grăunțos.

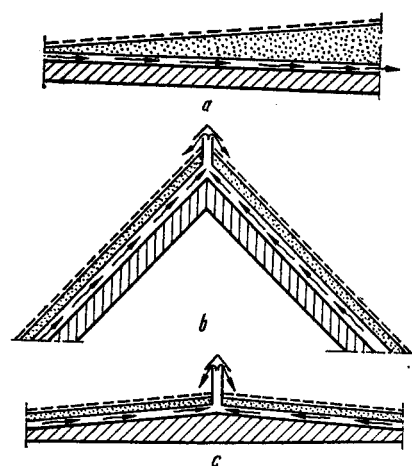


Fig. 14.84. Realizarea circulației aerului prin spațiile de ventilare la acoperișurile calde, ventilate:

a - datorită vântului; b - datorită diferențelor de temperatură; c - datorită acțiunii concomitente a vântului și a diferențelor de temperatură.

P_t - diferența de presiune determinată de diferențele de temperatură, în daN/m^2 .

14.6.2.1. Diferența de presiune cauzată de vânt. Pentru aprecierea corectă a diferenței de presiune dinamică generată de către vânt, ΔP_v , sînt necesare cercetări experimentale în tunelul aerodinamic. Valorile cunoscute ale presiunii normate, utilizate la dimensionarea de rezistență a clădirilor, nu sînt utile deoarece au la bază vitezele maxime ale vîntului și folosirea lor ar conduce la rezultate care nu se ating în realitate decît foarte rar și pentru intervale extrem de scurte (furtuni). În problema tratată sînt necesare presiunile din vînt la viteza medie a acestuia în localitate și perioada de timp analizată, cu luarea în considerare a orientării și particularităților aerodinamice ale construcției. Vitezele medii ale vîntului pentru condiții de iarnă sînt prezentate în STAS 6472/5-73; în tabelul 14.2 se dau valori pentru cîteva localități din țară.

Presiunea dinamică de bază a vîntului, pentru o viteză v , într-un punct care nu este influențat de construcție, poate fi stabilită cu relația:

$$g_v = \frac{v^2 \rho}{2g} = \frac{v^2}{2 \cdot 9,81} \approx \frac{v^2}{16} \quad (14.2)$$

14.6.2. CALCULUL VITEZEI AERULUI ÎN SPAȚIUL DE VENTILARE

Circulația aerului în spațiul de ventilare este determinată de vînt și de diferențele de temperatură acționînd concomitent sau separat (fig. 14.84).

Pentru calculul vitezei de circulație a aerului în spațiul de ventilare trebuie stabilite diferențele de presiune între capetele spațiului de ventilare determinate de ansamblul cauzelor susmenționate și rezistența opusă de spațiul de ventilare la trecerea aerului.

În cazul general:

$$\Delta P = \Delta P_v \pm \Delta P_t, \quad (14.1)$$

unde: P este diferența totală a presiunilor la capetele spațiului de ventilare, în daN/m^2 ;

P_v - diferența de presiune dinamică la capetele spațiului de ventilare, generată de vînt, în daN/m^2 ;

Tabelul 14.2

Localitatea	Viteza medie a vîntului, m/s
Caransebeș	1,4 (valoarea minimă în R.S. România)
Brașov	2,7
București	2,9
Iași	4,0
Arad	4,2
Oradea	4,3
Cluj-Napoca	4,6
Constanța	5,3
Drobeta-T. Severin	6,5 m/s (valoarea maximă în R.S. România)

În prima aproximație, coeficienții aerodinamici, c , pot fi luați aceiași ca și pentru calculul încărcărilor, deoarece pentru obiectele cu muchii vii, caracterul curgerii se menține într-un domeniu mare de viteze cu condiția ca valorile criteriului Re și yn să rămînă mai mari ca 2500. Astfel, valoarea presiunii dinamice, P_v , în puncte situate pe construcție, se poate calcula cu relația:

$$P_v = \beta c g_v \approx \beta c \frac{v^2}{16} \quad (14.3)$$

Pe această bază se pot determina diferențele de presiune, ΔP_v , între capetele spațiilor de ventilare, pentru diverse zone ale acoperișului.

14.6.2.2. Diferența de presiune cauzată de diferențele de temperatură. Se stabilește ca și în cazul tirajului coșurilor, cu relația:

$$\Delta P_t = h(\gamma_{te} - \gamma_{med}) \approx 5 \cdot 10^{-3}(\theta_{te} - \theta_{med})h, \quad (14.4)$$

unde: γ_{te} ; γ_{med} este greutatea specifică a aerului la ieșirea din spațiul de ventilare, respectiv cea medie, în daN/m^3 ;

h - diferența de înălțime între punctele de admisie și de evacuare a aerului, în m;

θ_{te} - temperatura la ieșirea din spațiul de ventilare, în $^{\circ}\text{C}$;

θ_{med} - temperatura medie în spațiul de ventilare, în $^{\circ}\text{C}$.

14.6.2.3. Căderea de presiune în spațiul de ventilare. Pierderea de presiune, ΔH , în spațiul de ventilare, creată de rezistența la trecerea aerului poate fi determinată cu relația:

$$\Delta H = \sum_{i=1}^n \xi_i \frac{v_i^2}{16}, \quad (14.5)$$

în care ξ_i este un coeficient adimensional de rezistență la trecerea aerului în zone caracteristice ale spațiului de ventilare (la ieșire, cotituri, în zonă curentă), iar v_i - vitezele aerului în zonele respective ale spațiului de ventilare, în m/s.

Pentru coeficienții ξ_i se dau, în general, următoarele valori:

0,5 la orificiul de ieșire din canal;

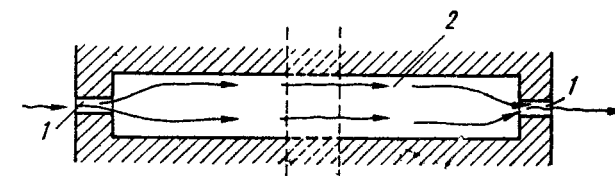
1,0 la orificiul de admisie în canal;

1,0 la fiecare schimbare de direcție a canalului;

2,8 pentru întregul canal de forma prezentată în figura 14.85.

Se menționează că, de regulă, spațiile de ventilare au orificii de admisie și de evacuare îngustate față de restul acoperișului. Din această cauză, se poate

Fig. 14.85. Spațiu de ventilare cu orificii de admisie și de evacuare mai înguste decît secțiunea curentă; 1 - orificii de admisie și de evacuare; 2 - secțiune curentă în cîmp.



admite că întreaga rezistență la trecerea aerului este concentrată în aceste orificii, cu atât mai mult cu cât aici viteza aerului, v_g , este mare în raport cu cea din secțiunea curentă, v_s . Această alcătuire cu orificii îngustate sau umplute cu un material poros (pîslă, pietriș) este justificată de mai multe motive: oprirea accesului păsărilor, insectelor și ploii, împiedicarea răcirii excesive la marginea acoperișului, probleme de estetică etc.

14.6.2.4. Viteza aerului în spațiul de ventilare. Această viteză rezultă ținând seama de egalitatea dintre diferențele de presiune generate de către vînt și temperatură cu căderea de presiune pe întreaga lungime a canalului respectiv. Se poate scrie:

$$\Delta P = \Delta H = \Delta P_v + \Delta P_t \quad (14.6)$$

și ținînd cont de expresia 14.5, viteza aerului este:

$$v_g = 4 \sqrt{\frac{\Delta P}{\Sigma \xi_i}} \quad (14.7)$$

Dacă orificiile de admisie și de evacuare sînt așezate la același nivel, efectul temperaturilor diferite asupra ventilării este nul ($\Delta P_t = 0$). Acest efect crește cu distanța orificiilor pe verticală. Așadar, pentru activarea ventilării acoperișului este indicat să se monteze deflectoare înalte. În mod evident, acțiunea vîntului este cu atât mai favorabilă cu cât cele două orificii se află așezate în puncte cu expunere diferită (zone de presiune și de sucțiune).

STAS 6472/5-73 recomandă ca pentru calculul vitezei aerului în spațiul de ventilare orizontal să se utilizeze relația simplificată:

$$v_s = 0,34 \frac{S_l}{d} v, \quad (14.8)$$

în care:

- S_l este aria orificiilor de admisie, considerată pe metru de lungime a streașinei, în m^2/m ;
- d — înălțimea spațiului de ventilare, în secțiunea curentă, în m ;
- v — viteza medie a vîntului în zona de amplasare, cuprinsă pentru R.S. România între 1,4 și 6,5 m/s ;
- v_s — viteza aerului în secțiunea curentă, în m/s .

14.6.3. INFLUENȚA VENTILĂRII ASUPRA TEMPERATURII ACOPERIȘULUI

Pentru simplificarea calculului se consideră: că regimul termic este staționar, viteza de circulație a aerului în acoperiș este constantă iar stratul de ventilare este continuu și orizontal [13].

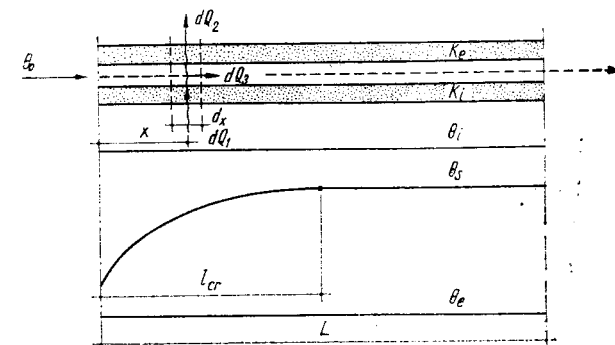
Urmărind schema din figura 14.86, se observă că aerul pătrunde în acoperiș la temperatura θ_o , în general, diferită atât de temperatura aerului de deasupra acoperișului, cât și de temperatura interioară. În acoperiș aerul circulă încălzindu-se iar la o anumită distanță, l_{cr} , stratul de aer ajunge la o temperatură care apoi rămîne neschimbată, θ_s , ce depinde numai de alcătuirea straturilor acoperișului și nu are legătură cu temperatura inițială θ_o .

Se presupune că pentru a rezolva această problemă se determină temperatura θ_s , în ipoteza că transmisia căldurii are loc unidirecțional, de jos în

sus. Potrivit celor cunoscute cu privire la distribuția de temperatură în regim termic staționar la trecerea printr-un element de construcție cu straturi paralele, rezultă:

$$\theta_s = \theta_i - \frac{1}{K_i K_o} (\theta_i - \theta_e) =$$

$$= \frac{K_i \theta_i - K_e \theta_e}{K_i + K_e}, \quad (14.9)$$



sau mai general, folosind temperatura relativă θ_s , se poate scrie:

$$\theta'_s = \frac{\theta_i - \theta_s}{\theta_i - \theta_e} = \frac{1}{K_i R_o} = \frac{K_e}{K_i + K_e}, \quad (14.10)$$

unde:

$$R_o = \frac{1}{K_i} + \frac{1}{K_e} = \frac{K_i + K_e}{K_i K_e}. \quad (14.11)$$

La determinarea lui K_i și K_e se ține seama numai de transmisia unidirecțională:

$$K_i = \frac{1}{\frac{1}{K'_i} + \frac{1}{\alpha_k}} \quad \text{și} \quad K_e = \frac{1}{\frac{1}{K'_e} + \frac{1}{\alpha_k}} \quad (14.12)$$

unde K'_i și K'_e sînt coeficienții de permeabilitate la trecerea căldurii pentru straturile orizontale situate sub și deasupra spațiului de ventilare, iar α_k — coeficient de transfer termic global la suprafața de contact cu aerul din spațiul de ventilare.

Considerînd lungimile de un metru în sens transversal pe spațiul de ventilare și dx în sensul curgerii, la distanța x , se poate scrie:

$$dQ_1 - dQ_2 = dQ_3, \quad (14.13)$$

unde:

$$dQ_1 = K_i (\theta_i - \theta) dx; \quad (14.14)$$

$$dQ_2 = K_e (\theta - \theta_e) dx; \quad (14.15)$$

$$dQ_3 = c j d\theta = c v d 3600 \rho d\theta; \quad (14.16)$$

iar j reprezintă debitul de aer pe un metru de lungime a acoperișului.

Deci, rezultă :

$$dQ_1 - dQ_2 = (K_i + K_e)(\theta_s - \theta)dx; \quad (14.17)$$

$$(K_i + K_e)(\theta_s - \theta)dx = cjd\theta. \quad (14.18)$$

Integrînd de la θ_0 la θ_x și de la O la x , se obține :

$$\int_0^x \frac{K_e + K_i}{cj} dx = \int_{\theta_0}^{\theta_x} \frac{d\theta}{\theta_s - \theta}; \quad (14.19)$$

$$\frac{K_e + K_i}{cj} x = \ln(\theta_s - \theta_x) - \ln(\theta_s - \theta_0); \quad (14.20)$$

$$\frac{K_e + K_i}{cj} = \ln \frac{\theta_s - \theta_x}{\theta_s - \theta_0}. \quad (14.21)$$

în cele din urmă :

$$\theta'_x = \frac{\theta_x - \theta_s}{\theta_0 - \theta_s} = e^{-Ax}, \quad (14.22)$$

unde :

$$A = (K_i + K_e) \frac{1}{cj} \quad (14.23)$$

Funcția $\theta'_x = e^{-Ax}$ este reprezentată în figura 14.87. Temperatura relativă medie θ'_{med} este dată de relația :

$$\theta'_{med} = \frac{\theta_{med} - \theta_s}{\theta_0 - \theta_s} = \frac{1}{l} \int_0^l \theta'_x dx = \frac{1 - e^{-Al}}{Al}. \quad (14.24)$$

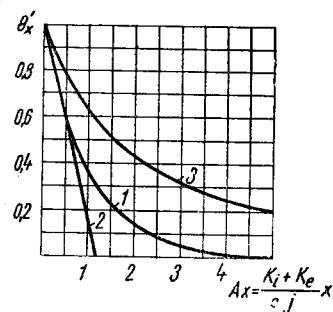


Fig. 14.87. Variația temperaturii relative a aerului, θ' , din stratul ventilat :

1 - valori locale; 2 - dependența liniară a valorilor locale ale temperaturii în porțiunea de început a canalului de ventilare; 3 - valorile temperaturii relative medii, θ'_{med} , în lungul stratului de aer.

Relația (14.24) este reprezentată în figura 14.87 prin curba 3. Se observă că pentru :

$$Ax = \frac{(K_i + K_e)x}{cj} > 3 \quad (14.25)$$

valoarea lui θ'_x se apropie de zero, ceea ce înseamnă că :

$$\theta_x \approx \theta_s.$$

Lungimea spațiului de ventilare în care are loc creșterea de temperatură a aerului se notează cu l_{cr} și rezultă din relația :

$$l_{cr} = \frac{3cj}{K_i + K_e}. \quad (14.26)$$

Se observă că la debite mici de aer, l_{cr} este și el mic. Dacă $l_{cr} \ll L$ se admite că temperatura aerului în spațiul ventilat, θ_s , este peste tot constantă.

STAS 6472/5-73 prezintă în plus o serie de relații simplificate pentru verificarea structurilor de acest fel, la care spațiul de ventilare este alcătuit din canale distanțate.

14.6.4. INFLUENȚA VENTILĂRII ASUPRA MIGRAȚIEI VAPORILOR DE APĂ ÎN ACOPERIȘUL CALD

Aerul care traversează structura se încălzește treptat și în consecință are posibilitatea de a acumula o cantitate din ce în ce mai mare de vapori de apă, pe care o antrenează prin orificiile de evacuare. Capacitatea specifică a aerului de acumulare a apei, analoagă cu căldura specifică, se notează cu c_v și este egală cu aproximativ 0,835 g/kg mmHg. Aceasta reprezintă capacitatea unui kilogram de aer de a acumula o anumită cantitate de vapori de apă exprimată în grame, atunci cînd presiunea acestora crește cu 1 mmHg.

Procesul de migrație a apei prin elementul de construcție ventilat este analog cu cel de transmisie a căldurii descris în paragraful precedent. În acest proces intervin următoarele mărimi :

— presiunea parțială a vaporilor de apă din spațiul ventilat, p_v , și cea de saturație, p_{vs} , care corespunde temperaturii aerului;

— capacitatea fluxului de aer de acumulare a apei, $c_v j$, similară cu capacitatea de acumulare a căldurii;

— permeabilitatea la vapori de apă a părții interioare și exterioare a acoperișului, situate sub spațiul de ventilare și deasupra acestuia, B_i și B_e , analoage permeabilităților termice K_i și K_e .

Ținînd seama de această analogie și de condițiile specifice, se pot folosi expresiile stabilite pentru transferul termic.

Notînd cu :

p_{vx} — presiunea parțială a vaporilor de apă într-un punct situat la distanța x de orificiul de admisie;

p_{vv} — presiunea parțială a vaporilor de apă într-un punct situat dincolo de lungimea critică (valoarea constantă a presiunii parțiale pînă la ieșirea din spațiul de ventilare), analoagă cu t_s ;

p_{vo} — presiunea parțială a vaporilor în aerul care pătrunde în spațiul de ventilare

și prin analogie cu relația 14.22, dedusă pentru transmisia căldurii, se poate scrie :

$$\frac{p_{vx} - p_{vv}}{p_{vo} - p_{vv}} = e^{\frac{(B_i + B_e)x}{c_v j}}, \quad (14.27)$$

unde p_{vv} se determină cu o relație analoagă cu (14.9), în ipoteza că migrația vaporilor de apă, efectuată exclusiv prin difuzie, este unidirecțională (de jos în sus).

Porțiunea inițială în care are loc o creștere continuă a presiunii parțiale a vaporilor de apă ca urmare a acumulării crescînde de vapori, este :

$$l'_{cr} = \frac{3c_v j}{B_i + B_e}. \quad (14.28)$$

Caractesticile B_i și B_e riprivind permeabilitatea la vaporii nu au valori numerice mari. Din această cauză, spre deosebire de cazul transmisiei de căldură, l'_e este mare, modificarea presiunii p_v avînd loc aproape pe toată lungimea stratului de ventilare.

Revenind la figura 14.87, se observă că în acest caz este posibil să se simplifice expresia 14.27, înlocuind-o cu una liniară, aproximativă:

$$\frac{p_{vx} - p_{vv}}{p_{vo} - p_{vv}} = 1 - \frac{B_i + B_e}{1,2c_v j} x. \quad (14.29)$$

De aici pot fi stabilite o serie de concluzii; umezirea acoperișului sub înveli-toare nu este posibilă atîta vreme cît aerul care circulă este în măsură să acumuleze apa pe toată lungimea spațiului de ventilare, adică dacă presiunea efectivă a vaporilor de apă rămîne inferioară celei de saturație, $p_v < p_{vs}$. Verificarea acestei condiții este posibilă, ținînd seama de temperatura cunoscută a aerului în toate punctele spațiului de ventilare. Condiția trebuie să fie îndeplinită și la capătul spațiului de ventilare:

$$p_{cv} < p_{cs} \quad (14.30)$$

cunoscînd că $p_{vs} = f(t_s)$.

În cazul cînd această condiție nu este îndeplinită, există mai multe posibilități de a o satisface:

- prin mărirea rezistenței la vaporii a părții inferioare a acoperișului;
- prin micșorarea lungimii spațiului de ventilare;
- prin mărirea debitului de aer care străbate acoperișul.

Pe acoperiș existînd o izolație hidrofugă se poate admite, în mod simplificat, că B_e este nul, și deci pentru a evita situația de condens este suficient ca

$$j = \frac{B_i L}{1,2c_v} \cdot \frac{p_{vx} - p_{cv}}{p_{vo} - p_{vs}}. \quad (14.31)$$

În țara noastră au început a fi realizate clădiri cu acoperișuri calde ventilate de exemplu, acoperișul stației de încercări higrotermice din Iași.

14.6.5. RECOMANDĂRI CONSTRUCTIVE PRIVIND ORIFICIILE DE VENTILARE

În literatura tehnică se recomandă următoarele valori ale suprafeței orificiilor de ventilare, raportate la suprafața de acoperiș deservită, cu mențiunea că suprafața orificiilor de ieșire a aerului trebuie să fie mai mare decît cea a orificiilor de intrare:

- a) — pentru acoperișuri cu pantă $\leq 15\%$ și o umiditate relativă în spațiul ultimului nivel $\geq 65\%$:
 - orificii de admisie 1/500;
 - orificii de evacuare 1/400;
- b) — pentru acoperișuri cu pantă $\geq 15\%$ și cu o umiditate a aerului interior $\leq 65\%$:
 - orificii de admisie 1/1000;
 - orificii de evacuare 1/800.

14.7. LUCRĂRI ACCESORII LA ACOPERIȘURI

Datorită funcțiunilor complexe, acoperișurile implică o serie de lucrări accesorii menite să asigure:

- colectarea și scurgerea apelor la nivelul cotei zero a clădirii (jgheaburi și burlane);
- contactul liber cu suprafața a unor straturi aflate sub înveli-toare (strat de difuzie, spațiu de ventilare interioară);
- protecția acoperișului pe contur (atic, cornișă, streășină) și la rosturi.

De rezolvarea corectă a acestor lucrări accesorii depinde întreaga comportare a acoperișului, uneori chiar a construcției, executarea lor necorepunzătoare sau stricarea lor putînd duce la degradarea construcției (fig. 14.88). Din această cauză este necesar să li se acorde toată atenția atît în proiectare cît și în execuție.

14.7.1. JGHEABURI ȘI BURLANE

Jgheaburile și burlanele completează lucrările de învelitori, permițînd colectarea apelor și dirijîndu-le pînă la nivelul terenului unde se pot scurge liber sau trece în rețeaua de canalizare.

La proiectarea jgheaburilor și burlanelor se ține seama de anumite condiții specifice: secțiunile trebuie să corespundă debitelor maxime în cazul celor mai intense ploi, iar în situația unor înfundări temporare, întotdeauna posibile din cauza gheții sau a unor murdării, deversarea trebuie să se facă spre exterior și nu spre clădire, astfel încît să nu provoace degradări.

Suprafața maximă de acoperiș A care poate fi deservită de un jgheab cu secțiune semicirculară, în funcție de panta jgheabului și de intensitatea ploii, poate fi calculată cu relația din STAS 2389-53:

$$A = \frac{1,8a}{I} \sqrt{\frac{aP}{p}}, \quad (14.32)$$

- unde a este secțiunea utilă a jgheabului, în cm^2 , care trebuie să fie de cel puțin 61 cm^2 ;
- I — intensitatea ploii, în mm/min ;
- P — panta jgheabului, în cm/m , care trebuie să fie de cel puțin $0,5\%$;
- p — perimetrul înmuiat al jgheabului.

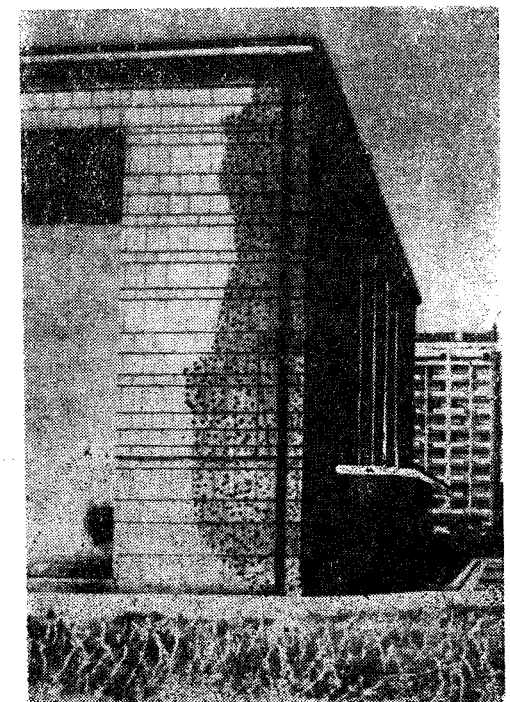


Fig. 14.88. Degradarea unei porțiuni din fațadă datorită funcționării defectuoase a jgheabului la îmbinarea cu burlanul.

Tabelul 14.3

Panta jgheabului P , cm/m	Jgheab semicircular			Jgheab dreptunghiular		
	$d = 12,5$ cm	14	18	7×10 cm	8×14	11×18
	$a = 61$ cm ²	77	127	70 cm ²	112	198
0,1	20	27	51	21	38	79
0,3	35	47	88	38	67	136
0,5	46	61	114	49	86	176
0,7	54	72	135	53	102	208
0,9	61	81	153	64	116	237

Observații:

- a este suprafața utilă a secțiunii jgheabului, în cm²;
- diametrul burlanului se adoptă egal cu aproximativ 70% din cel al jgheabului.

Pe baza acestei formule, este alcătuit tabelul 14.3, în care se dau dimensiunile diverselor tipuri de jgheaburi, în funcție de suprafața de acoperiș deservită, pentru ploi cu intensitatea de 3 mm/min.

Jgheaburile și burlanele se alcătuiesc pentru a rezista la acțiunile combinate ale apei, gheții și zăpezilor care alunecă de pe acoperiș, trebuie să fie estetice, durabile și accesibile pentru verificări și reparații periodice.

Funcționarea corectă a jgheaburilor și burlanelor implică și alte precauții; astfel, trebuie să se adopte soluții care să evite blocarea secțiunilor de scurgere prin îngheț, formarea de turțuri de gheață etc., care sînt frecvente mai ales la acoperișurile calde (v. fig. 14.29) deoarece sînt mai reci decît suprafața de acoperiș de pe care preiau apele (fig. 14.89). Jgheaburile și burlanele din

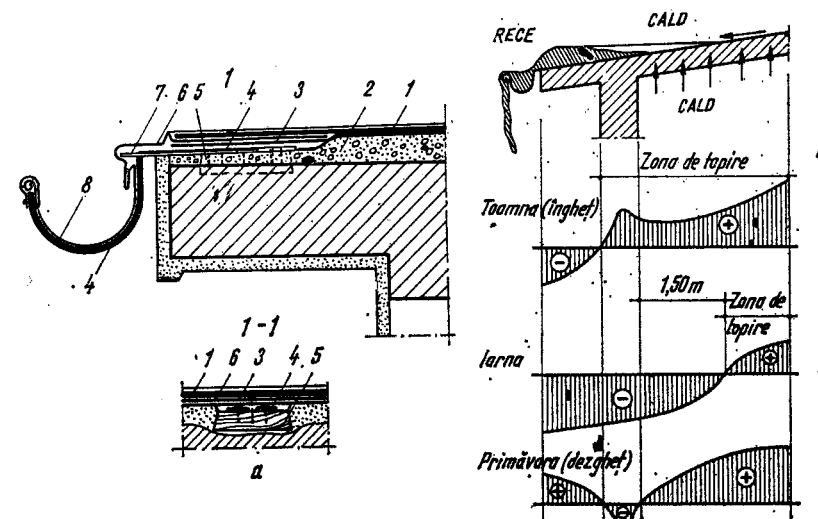
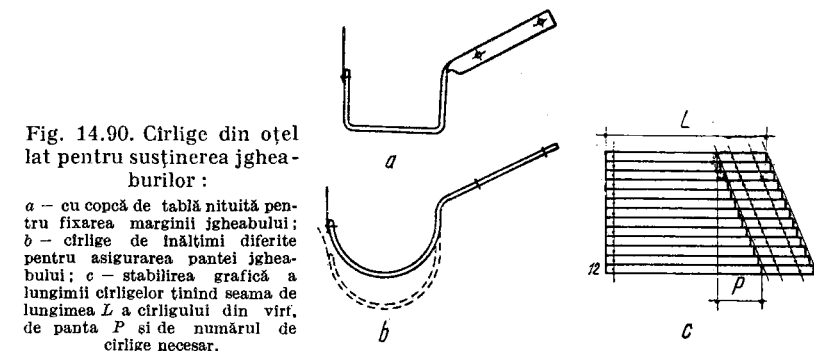


Fig. 14.89. Condițiile de funcționare a jgheaburilor în timpul anului:
 a — detaliu de jgheab și de fixare pe streșină; b — apariția fenomenului de înfundare a jgheabului cu dopuri de gheață și turțuri; c — diagrame de temperatură în cursul anului pe porțiunea perimetrală acoperișului; 1 — înveliș bituminos; 2 — strat suport al învelișului; 3 — file suplimentară de carton sub sortul din tablă; 4 — cîrlig din oțel lat amplasat la 70 cm distanță; 5 — diblu de lemn; 6 — sort din tablă; 7 — agrafă din tablă zincată; 8 — jgheab.



metal trebuie protejate împotriva coroziunii și a contactului cu conductele electrice (pentru a evita pericolul de electrocutare).

14.7.1.1. Jgheaburi. Se dispun pe conturul exterior al acoperișurilor și pot avea secțiune circulară, dreptunghiulară și mai rar triunghiulară. Jgheaburile se montează cu o pantă longitudinală, valorile optime fiind 0,5% pentru jgheaburile semicirculare și 0,8% pentru cele dreptunghiulare.

Jgheaburile se realizează din tablă galvanizată cu grosimea minimă de 0,5 mm. Tronsoanele se confecționează în atelier prin curbare, îndoire și lipire cu cositor și se montează pe acoperiș susținute de cîrlige din oțel lat, atașate cu copci din tablă (fig. 14.90). Jgheaburile pot fi consolidate cu vergele și cu tiranți (fig. 14.91). La rosturi, jgheaburile se întrerup, pentru a permite dilatarea diverselor tronsoane, rostul acoperindu-se cu tablă (fig. 14.92). Pe acoperișuri cu pantă mare se dispun opritori de zăpadă (fig. 14.93) pentru a împiedica distrugerea jgheabului prin căderea bruscă a zăpezii.

La acoperișurile terasă cu colectarea interioară a apelor nu sînt necesare jgheaburi. Dacă se prevede colectarea apelor pe conturul exterior, atunci sînt posibile mai multe soluții prezentate în figura 14.94.

14.7.1.2. Burlane. Au poziție verticală și pot fi amplasate vizibil sau ascuns la exteriorul construcțiilor sau la interiorul lor (fig. 14.95). În exploatare sînt preferabile burlanele aparente, deoarece pot fi controlate permanent și eventual reparate. Burlanele aparente se execută din tablă, iar cele îngropate din materiale mai rezistente: fontă de scurgere, azbociment, bazalt.

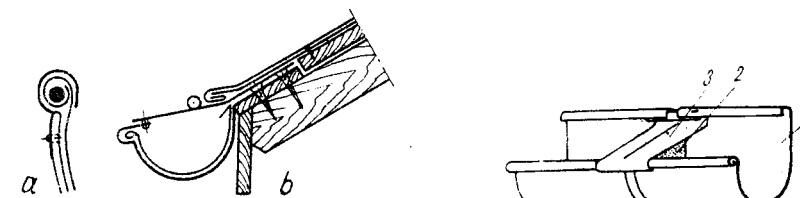


Fig. 14.91. Consolidarea jgheaburilor:
 a — cu vergea din oțel-beton; b — cu tirant.

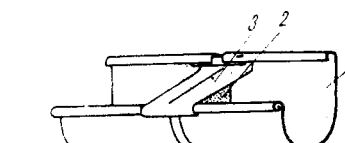


Fig. 14.92. Realizarea rosturilor de deformare la jgheaburi:
 1 — jgheab; 2 — perete plin; 3 — sort din tablă pentru acoperirea rostului.

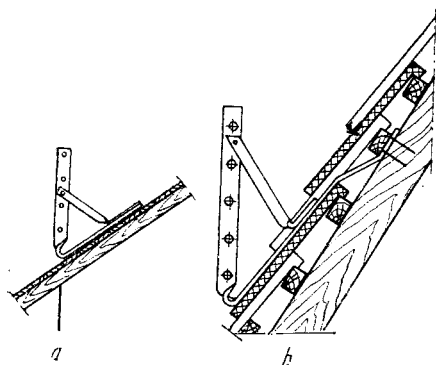
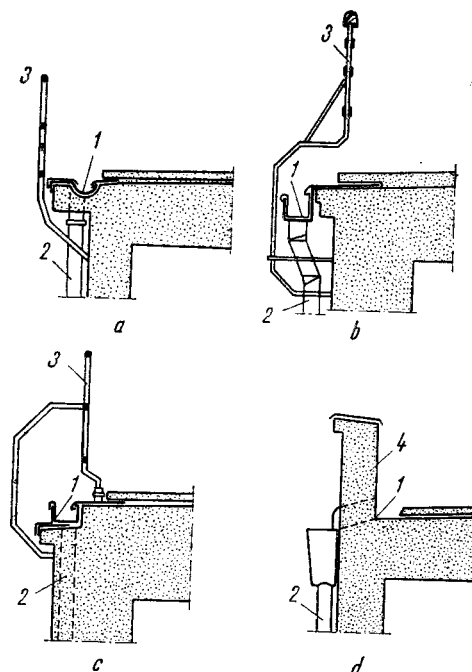


Fig. 14.93. Opritori de zăpadă:
a - la învelitoare de tablă; b - la învelitoare de țiglă.

Fig. 14.94. Variante de montare a jgheaburilor la clădiri cu acoperișuri terasă, cu scurgere interioară:
a; b; c - cu parapet metalic; d - cu atic; 1 - jgheab; 2 - burlan; 3 - parapet metalic; 4 - atic.



Burlanele de tablă confecționate din tronsoane fâltuite, pot avea secțiune circulară sau poligonală. Burlanele sînt susținute cu brățări fixate în zidărie, iar racordarea cu jgheaburile se face prin ștuțuri de tablă (fig. 14.96). Secțiunile burlanelor se stabilesc în raport cu suprafața de acoperiș pe care o deservesc, conform cu indicațiile din STAS 2389-53.

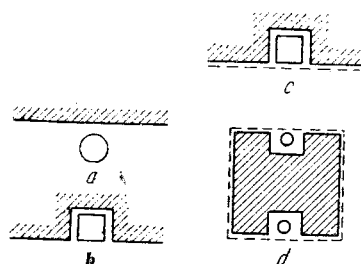


Fig. 14.95. Amplasarea burlanelor pe fațadele clădirilor:
a - vizibil; b - în nișă deschisă; c - în nișă mascată cu tencuială pe rabil; d - în stîlpi cu acoperire de tencuială pe rabil.

Fig. 14.96. Burlan din tablă:
a - vedere generală; b - detalii de fixare; c - detaliu pentru capătul inferior.

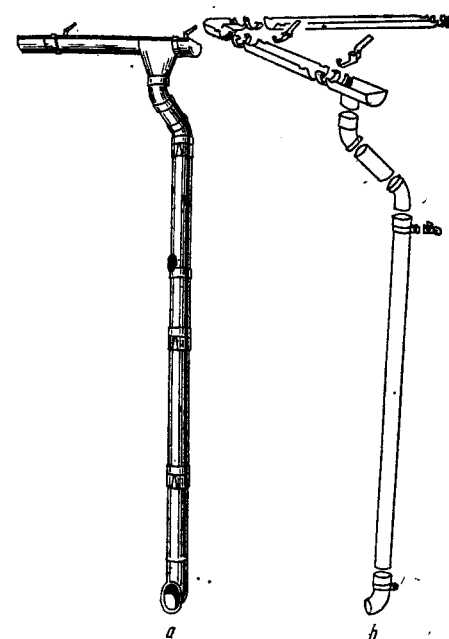
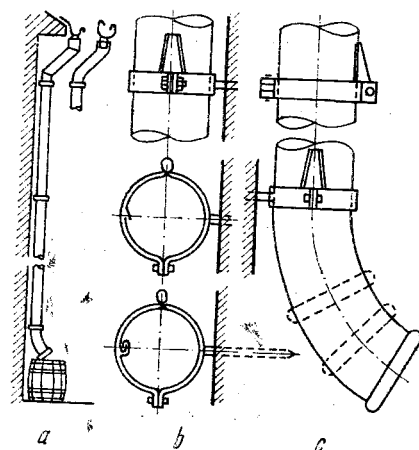


Fig. 14.97. Jgheab și burlan executate din materiale plastice:
a - vedere de ansamblu; b - elemente componente.

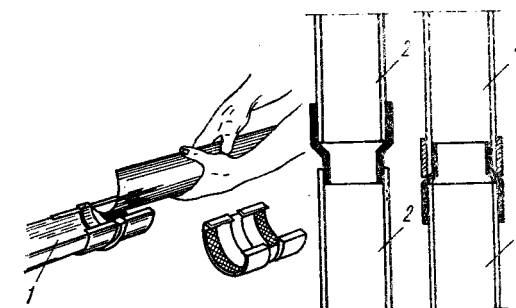


Fig. 14.98. Înnădirea tronsoanelor de jgheaburi și burlane din materiale plastice:
1 - tronson de jgheab; 2 - tronson de burlan.

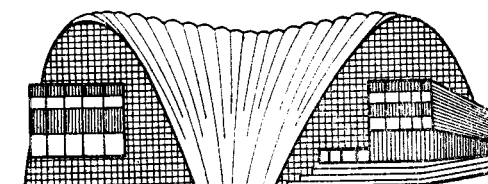


Fig. 14.99. Construcție cu suprafață mare, fără reazeme intermediare, la care scurgerea apelor se face prin doliile acoperișului.

În ultimii ani a început utilizarea jgheaburilor și burlanelor din policlorură de vinil (fig. 14.97 și 14.98), care se montează din tronsoane prefabricate. Acestea permit economii de metal și simplificarea manoperei pe șantier, dar nu pot fi recomandate decât la clădiri cu înălțime mică. Pentru burlanele dispuse în interiorul clădirii la acoperișuri cu scurgere interioară și pentru burlanele exterioare îngropate și mascate prin tencuială, ca și la clădirile înalte se recomandă tuburi din fontă care sînt mult mai rezistente.

La construcții cu suprafețe mari, unde nu există reazeme apropiate și prin urmare apele nu se pot colecta prin guri de scurgere așezate la distanțe relativ mici, este necesar să se creeze jgheaburi chiar prin forma doliilor acoperișului (fig. 14.99).

14.7.2. DISPOZITIVE DE COLECTARE ȘI EVACUARE A APELOR LA ACOPERIȘURI CU SCURGERE INTERIOARĂ

Acestea se montează în punctele unde converg pantele acoperișurilor cu scurgere interioară. Trecînd prin ele, apele ajung la burlan și de acolo în sistemul de canalizare. Un astfel de dispozitiv este prezentat în figura 14.100.

Secțiunea tuburilor se stabilește în raport cu suprafața de colectare pe acoperiș. În tabelul 14.4 se dau dimensiunile minime ale gurilor de colectare a apei, în funcție de suprafața deservită, pentru ploii cu debit

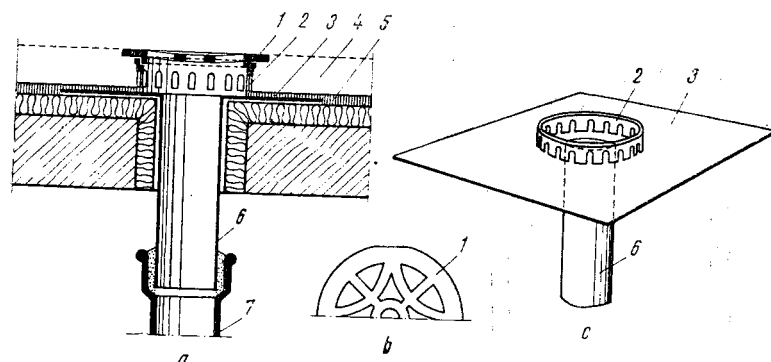


Fig. 14.100. Dispozitiv de colectare a apelor :
a - secțiune verticală; b - vedere de sus a grătarului; c - detaliu de guler; 1 - grătar; 2 - guler de admisie cu găuri; 3 - guler de protecție din plumb; 4 - protecția hidroizolației cu dale prefabricate sau pietris; 5 - hidroizolație multistrat; 6 - tub de scurgere din plumb; 7 - tub de scurgere din fontă.

Tabelul 14.1

Suprafața de colectare, m ²	Caracteristicile tuburilor de scurgere, în cm, pentru ploi cu debitul maxim de 3 mm/minut		
	D	d	h
40	7,2	6	9,0
91	10,8	9	13,5
161	14,4	12	18,0
220	16,8	14	21,0
287	19,2	16	24,0
363	21,6	18	27,0
449	24,0	20	30,0

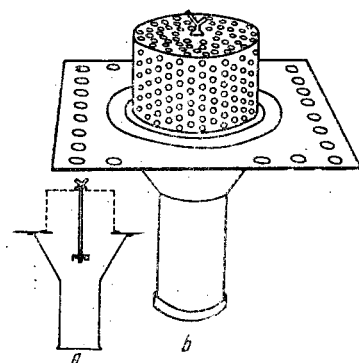
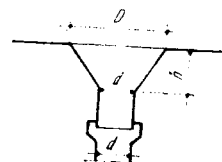


Fig. 14.101. Dispozitiv de scurgere din oțel inoxidabil cu capac demontabil :
a - schemă; b - vedere.

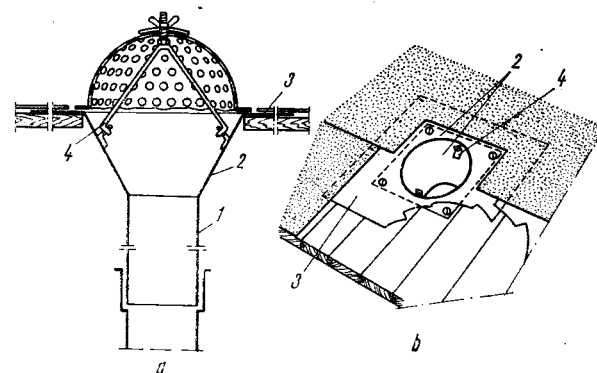


Fig. 14.102. Dispozitiv de scurgere din cupru cu capac demontabil :
a - secțiune; b - vederea acoperișului în dreptul gurii de scurgere; 1 - tub de legătură; 2 - evazare; 3 - guler; 4 - sistem de fixare.

maxim de 3 mm/m. Se recomandă cel puțin câte o gură de evacuare la 700 m² de acoperiș și în orice caz mai multe guri pentru fiecare tronson de clădire. Dacă această ultimă condiție nu poate fi îndeplinită, sint necesare dispozitive preaplin care să funcționeze atunci când scurgerea principală se înfundă accidental.

Racordarea gurii de scurgere cu izolația hidrofugă se face cu ajutorul unui guler de protecție din plumb, cupru sau alt material adecuat (fontă, tablă galvanizată, masă plastică). Se preferă plumbul, deoarece se mulează și lipește ușor prin cositorire. Acest guler se intercalează între straturile hidroizolației care trebuie să aibă local un rînd suplimentar de pinză sau carton bitumat.

Peste învelitoare, în jurul orificiilor gurii de scurgere, se așază un dren din pietriș care împiedică pătrunderea unor obiecte care ar putea să o înfunde și a nisipului din stratul de protecție.

Pentru evacuarea apei de pe acoperiș se pot folosi dispozitive diverse, confecționate din metal sau materiale plastice (fig. 14.101; 14.102 și 14.103), concepute astfel încît să poată fi montate și controlate cu ușurință. Se realizează chiar guri de scurgere prevăzute cu încălzire electrică, astfel încît să nu se înfunde cu gheață.

14.7.3. DEFLECTOARE ȘI ORIFICH DE COMUNICAȚIE CU ATMOSFERA

Pentru a permite evacuarea vaporilor de apă și a aerului spre exterior, straturile de difuzie și spațiile de ventilare trebuie să fie în contact cu atmosfera. Această condiție se realizează prin :

- deflectoare (v. fig. 14.72);
- aticuri și cornișe special concepute (fig. 14.104; 14.105 și 14.106).

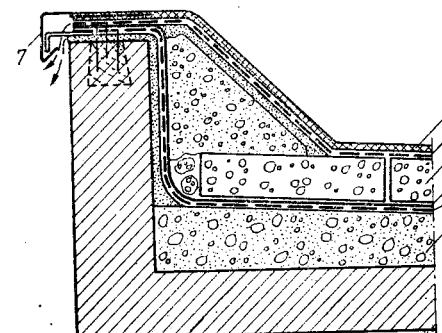


Fig. 14.104. Atic realizat astfel încît să permită comunicația straturilor de difuzie cu atmosfera :
1 - beton de pantă; 2 - strat de difuzie sub bariera de vapor; 3 - barieră de vapor; 4 - izolație termică; 5 - strat de difuzie sub izolația hidrofugă; 6 - hidroizolație; 7 - protecție din tablă fixată în diblu din lemn acoperită parțial de hidroizolație.

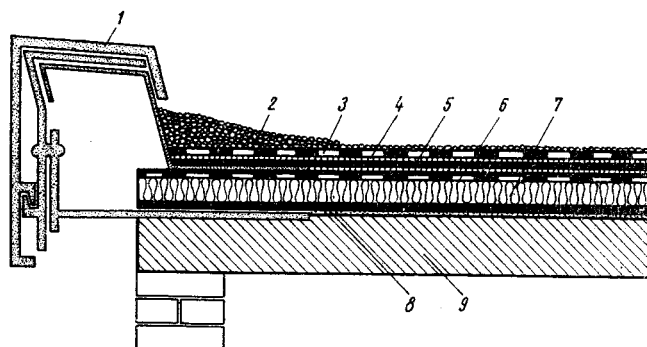


Fig. 14.105. Cornișă ventilată, executată din piese de aluminiu, concepută pentru a permite difuzia vaporilor de apă la marginea acoperișului :

1 - profiluri din aluminiu; 2 - protecție din piatră a hidroizolației; 3 - carton bitumat; 4 - strat de bitum; 5 - carton bitumat cu nisip grăunțos pe partea inferioară; 6 - strat de difuzie; 7 - Izolație termică; 8 - barieră de vapor pe strat de difuzie; 9 - planșeu de beton armat.

14.7.4. COȘURI, VENTILAȚII ȘI SUPORTURI DE ANTENĂ

Acoperișul este străbătut de coșuri și de canale verticale de ventilare pentru băi, bucătării, cămări etc. În jurul acestora hidroizolația trebuie să fie bine racordată cu pereții verticali, astfel încât să nu existe pericolul unor infiltrații în jurul canalelor de ventilare (fig. 14.107 și 14.108).

Antenele se fixează pe acoperiș prin intermediul unui suport lestat, care nu dăunează învelitorii (fig. 14.109).

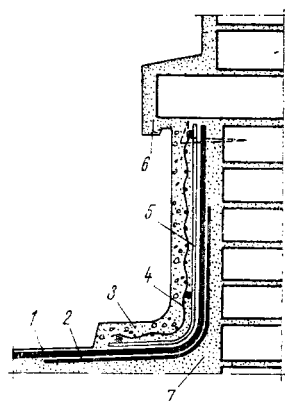


Fig. 14.107. Racordarea hidroizolației pe elemente verticale din zidărie sau beton :

1 - hidroizolație; 2 - strat suplimentar de plină sau carton bitumat; 3 - șapă de protecție; 4 - plasă de răbit; 5 - bare din oțel-beton; 6 - lăcrimar din tencuială pe zidărie la relief; 7 - scafă.

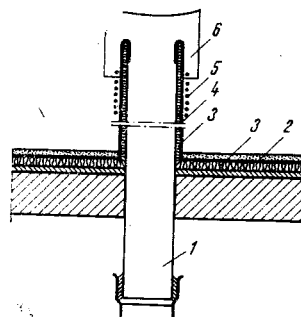


Fig. 14.108. Racordarea hidroizolației pe tuburile de ventilație :

1 - tub de ventilație; 2 - hidroizolație; 3 - termoizolație; 4 - hidroizolație verticală pe tubul de ventilație; 5 - spirală din sîrmă zincată; 6 - deflector.

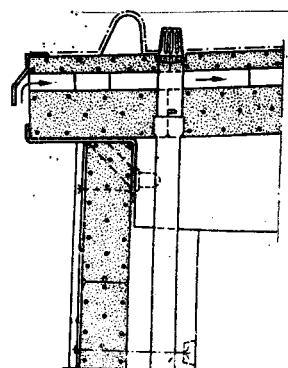


Fig. 14.106. Detaliu de cornișă la acoperișuri calde ventilate executate cu fîșii din plăci de BCA [102].

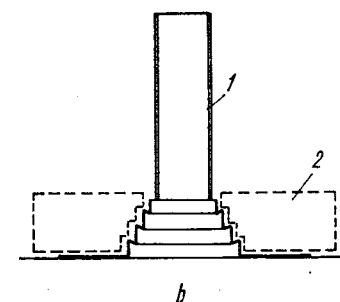
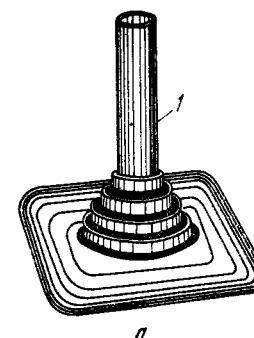


Fig. 14.109. Suport pentru antenă T.V. :

a - vedere; b - secțiune verticală; 1 - tijă pentru susținerea antenei; 2 - lestat din beton.

14.7.5. ELEMENTE DE DELIMITARE A MARGINILOR ACOPERIȘURILOR

Marginile acoperișului sînt delimitate de :

— atice, elemente zidite, montate sau turnate vertical, în continuarea fațadei, peste planul învelitorii (fig. 14.110);

— cornișe, care ies orizontal din planul fațadei (fig. 14.111);

— zidării la rosturile de tasare sau de dilatare (fig. 14.112).

Realizarea acestor lucrări se face cu respectarea cerințelor de protecție împotriva infiltrațiilor de apă (fig. 14.113); de prevenire a degradărilor din variații de temperatură și umiditate; de asigurare a stabilității sub efectul forțelor orizontale rezultate din dilatarea elementelor de construcții; de evitare a punților termice și de realizare a unui aspect estetic.

Fig. 14.110. Atic și cornișă pe perimetrul exterior al unui acoperiș cu scurgere interioară :

1 - rost de dilatație; 2 - racordarea hidroizolației pe partea interioară a aticului; 3 - protecția cu tablă zincată a cornișei.

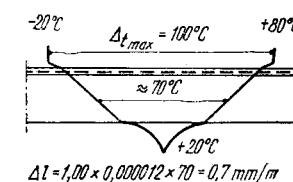
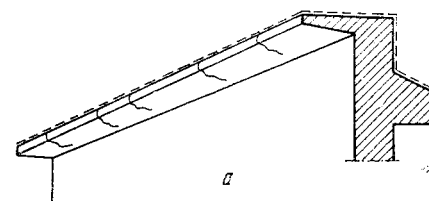
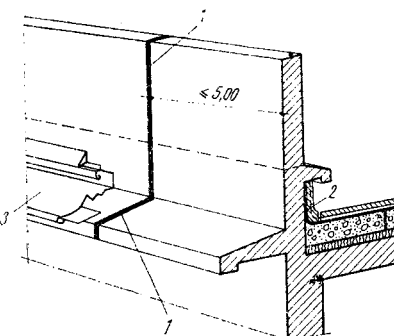


Fig. 14.111. Efectul variațiilor de temperatură asupra cornișelor :
a - apariția fisurilor în cornișă; b - calculul variațiilor de temperatură și al alungirii.

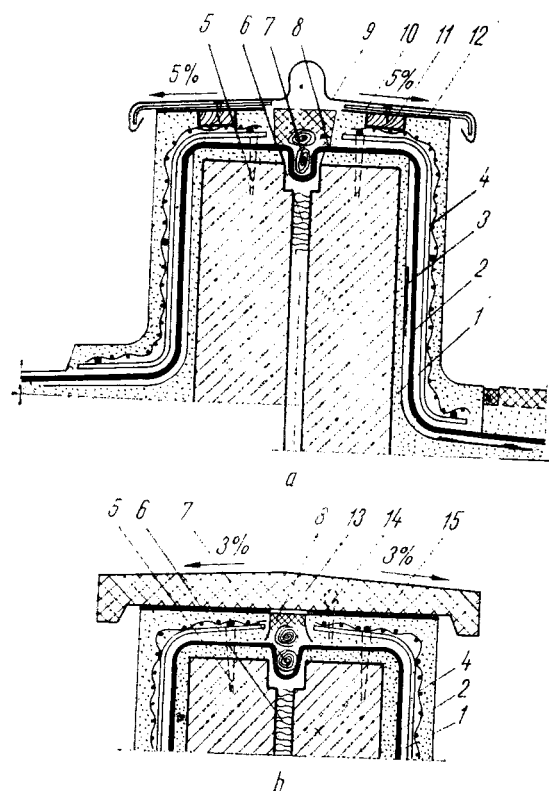


Fig. 14.112. Realizarea rosturilor de dilatație la acoperișurile terasă:

a - cu copertină din tablă; b - cu copertină prefabricată; 1 - sapă suport a hidroizolației; 2 - hidroizolație; 3 - strat suplimentar din pinză bitumată; 4 - protecția hidroizolației cu mortar M 100 armat cu plasă de răbi; 5 - mustăți pentru ancorarea barelor din oțel-beton; 6 - fișii din vată minerală sau fringhie gudronată pentru etansarea rostului; 7 - fringhie sau cilti bitumati; 8 - mast.c bituminos; 9 - copertină din tablă zincată; 10 - agrafe de tablă zincată; 11 - diblu din lemn; 12 - strat de carton bitumat; 13 - copertină prefabricată; 14 - mustăți din sîrmă; 15 - carton bitumat lipit separat pe fiecare parte a rostului pentru a permite dilatarea.

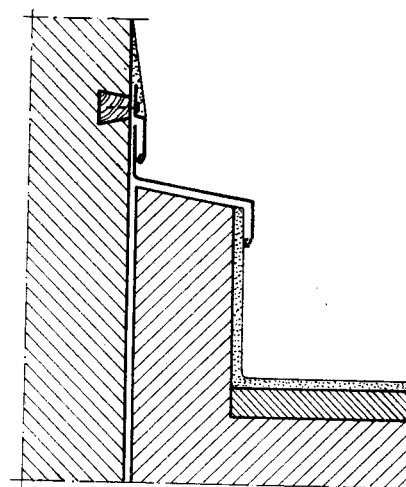


Fig. 14.113. Protecția cu pазie din tablă a rostului dintre două tronsoane sau clădiri alăturate care au înălțimi diferite.

Partea a cincea

STRUCTURI DE REZISTENȚĂ PENTRU CLĂDIRI CIVILE

Capitolul 15

GENERALITĂȚI. PARTIU ȘI PROCES FUNCȚIONAL. TIPURI DE STRUCTURI DE REZISTENȚĂ PENTRU CLĂDIRI DE LOCUIT

15.1. GENERALITĂȚI

Evoluția structurilor de rezistență ale clădirilor de locuit este strins legată de industrializarea proceselor de execuție și de regimul de înălțime impus odată cu dezvoltarea orașelor.

Construcțiile de locuit se diferențiază sub aspectul înălțimii în :

- clădiri joase, cu puține niveluri, cu parter și 3 sau 4 etaje, de obicei sau cu parter și 1 sau 2 etaje, mai rar;
- clădiri de înălțime medie, cu multe niveluri, de obicei parter și 8 ... 11 etaje;
- clădiri înalte, cu mai mult de 15 niveluri.

Pentru clădirile cu puține niveluri se utilizează în momentul de față, în țara noastră, în special structurile cu pereți portanți și anume :

- structuri pe ziduri portante (diafragme) din zidărie de cărămidă, blocuri mici și mai rar, blocuri mari din beton;
- structuri în diafragme din beton armat monolit sau din elemente prefabricate (panouri mari).

Mai rar, se utilizează :

- structuri în cadre din beton armat monolit sau din elemente prefabricate;
- structuri din elemente spațiale din beton armat;
- structuri mixte (cadre și diafragme, stâlpi și dală groasă etc.).

Pentru clădirile de înălțime medie se utilizează, în special, structurile în diafragme din beton armat monolit, din elemente prefabricate sau combinate; structurile în cadre prefabricate sau din beton armat monolit și structurile mixte (diafragme și cadre).

Pentru clădirile înalte se utilizează, în special, structurile în diafragme din beton armat monolit și structurile mixte; până la aproximativ 22 niveluri se pot utiliza și structurile în cadre din beton armat.

În tabelul 15.1 sînt indicate diverse tipuri de structuri de rezistență din beton armat pentru clădiri de locuit, publice și social-culturale, care se pot folosi cu eficiență tehnico-economică și comportare mecanică bună, ținînd seama de experiența americană (după instrucțiunile Comitetului ACI - 442).

Structurile de construcții civile se clasifică și după comportarea lor mecanică la acțiuni dinamice, în funcție de perioada proprie de oscilație (vibrație) în : structuri rigide, semirigide (semiflexibile) și flexibile.

Clădirile publice, administrative, comerciale, pentru birouri etc. și clădirile social-culturale cu mai multe niveluri sau înalte se pot executa cu structuri

Tabelul 15.1

Sistemul structural	Numărul de niveluri		Comportarea la încărcări orizontale
	clădiri oficiale	clădiri de locuit, hoteluri, cămine etc.	
Cadre	≤ 15	≤ 20	foarte bună
Diafragme	—	≤ 150	bună
Grinzi-pereți decalate	—	≤ 40	bună
Diafragme și cadre	≤ 40	≤ 70	bună
Tub simplu	≤ 40	≤ 60	foarte bună
Tub în tub	≤ 80	≤ 100	bună

în cadre, diafragme, mixte, tubulare sau alte tipuri de structuri, care sînt menționate în capitolele 16, 18 și 19 (v. tab. 15.1). Structurile cu pereți portanți de zidărie se folosesc la clădiri publice și social-culturale de mică importanță, mai ales în mediul rural.

În ultimii ani există preocupări pentru diversificarea arhitecturală a construcțiilor civile, valorificînd mai larg specificul arhitecturii românești, al fiecărei regiuni și localități, ca și tezaurul de arhitectură veche românească.

Pentru structurile în diafragme (monolit, panouri mari, elemente spațiale) se folosește atît betonul greu, cît și betonul ușor cu agregate poroase, de exemplu, din beton ușor de granulat.

15.2. PARTIU ȘI PROCES FUNCȚIONAL. TIPURI DE STRUCTURI DE REZISTENȚĂ PENTRU CLĂDIRI DE LOCUIT

15.2.1. CLĂDIRI CU STRUCTURA DIN PEREȚI PORTANȚI DE ZIDĂRIE

Deși prezintă posibilități reduse de industrializare, se folosesc încă pe scară destul de mare clădirile cu structura de rezistență din pereți portanți de zidărie datorită avantajelor pe care le prezintă :

- confort ridicat (izolare fonică și termică bună, cu pericol redus de condens la pereții exteriori);
- posibilitate de realizare a unei mari varietăți în plan a construcțiilor respective.

Se folosesc trei categorii de structuri, în funcție de rezemarea planșelor și anume :

— *structuri cu ziduri portante longitudinale* denumite și *structuri celulare* (fig. 15.1), la care rezemarea planșelor se face pe zidurile longitudinale; zidurile transversale dispuse la distanțe mai mari (aproximativ delimitînd un apartament) au numai funcția de rigidizare la forțe orizontale. Aceste tipuri de structuri prezintă avantajul unui montaj mai simplu al planșelor și mai ales al unei distribuții avantajoase a spațiului, permițînd totodată eventuale modificări în cadrul unei unități funcționale. Cu toate aceste avantaje, datorită rigidității

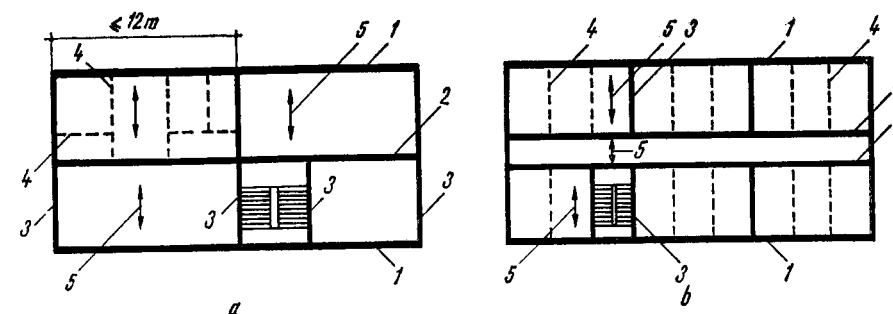


Fig. 15.1. Structuri celulare cu ziduri portante longitudinale :

a — cu un perete longitudinal interior, portant; b — cu doi pereți longitudinali interiori, portanți; 1 — pereți longitudinali exteriori de rezistență; 2 — pereți longitudinali interiori de rezistență; 3 — pereți transversali de rigidizare; 4 — pereți de compartimentare; 5 — direcția de rezemare a planșelor.

mici pe direcție transversală și deci spațială a structurii, utilizarea acestora, în special în zone seismice, nu este recomandabilă. În cazul utilizării unui singur perete portant longitudinal median (v. fig. 15.1, a) datorită încărcărilor mari pe care trebuie să le preia, este necesar să se acorde atenție deosebită amplasării golurilor în acest perete. La clădirile cu destinație social-culturală și administrativă există posibilitatea de a alcătui o structură pe pereți longitudinali portanți cu culoar central (fig. 15.1, b), în care caz pereții longitudinali interiori sînt încărcăți practic la valori apropiate de cei longitudinali exteriori;

— *structuri pe ziduri portante transversale* denumite și *structuri fagure* (fig. 15.2), la care rezemarea planșelor se face pe zidurile transversale, dispuse la distanțe mici (dimensiunea unei camere).

Zidurile longitudinale au rol numai de rigidizare a clădirii în plan longitudinal, iar pereții exteriori de umplutură au rolul de izolare fonică și termică. Aceste tipuri de structuri prezintă avantajul unui consum redus de oțel la planșee, asigură o rigiditate spațială mai bună a structurii, permit o rezolvare mai liberă a fațadei în privința dispunerii și dimensiunilor golurilor și permit dezvoltarea apartamentelor în adîncime prin practicarea de goluri în pereții longitudinali interiori, care sînt neportanți. Asigurarea rigidității spațiale (pe direcția longitudinală) a clădirii se poate face și cu ajutorul pereților longitudinali exteriori, care pot fi extinși doar pe unele zone din clădire (fig. 15.3). Soluția prezintă dezavantajul încorsetării partiului de arhitectură, care în eventualitatea unei uzuri morale, funcționale, cu greu poate fi modificat;

— *structuri cu pereți portanți transversali și longitudinali*, la care rezemarea planșelor se face atît pe pereții transversali, cît și pe cei longitudinali (fig. 15.4) (considerate și structuri fagure). Aceste tipuri de structuri prezintă

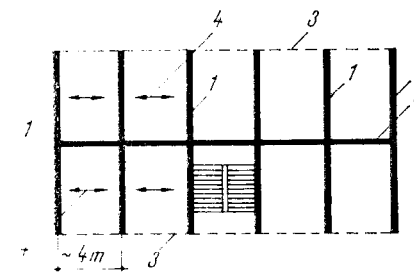


Fig. 15.2. Structură fagure cu ziduri portante transversale :

1 — ziduri portante transversale; 2 — zid longitudinal de rigidizare; 3 — ziduri exterioare de închidere; 4 — direcția de rezemare a planșelor.

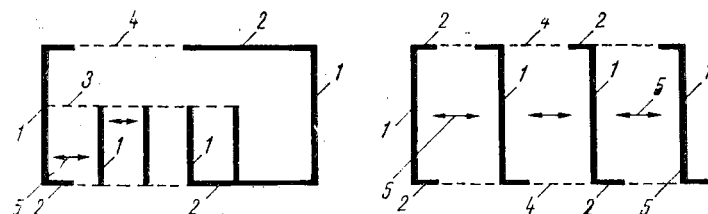


Fig. 15.3. Structuri cu ziduri portante transversale, rigidizate longitudinal prin porțiuni de pereți exteriori, de contravîntuire;
1 - ziduri portante transversale; 2 - ziduri exterioare, longitudinale de contravîntuire;
3 - ziduri interioare, despărțitoare; 4 - ziduri exterioare, de umplutură; 5 - direcția de rezemare a planșelor.

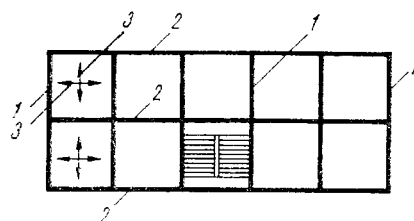


Fig. 15.4. Structură cu ziduri portante transversale și longitudinale;
1 - ziduri portante transversale;
2 - ziduri portante longitudinale;
3 - direcția de rezemare a planșelor.

avantajul unei transmiteri raționale a încărcărilor verticale la terenul de fundație și a unei bune conlucrări spațiale la preluarea încărcărilor orizontale, dar prezintă dezavantajul încorsetării partiului de arhitectură.

15.2.2. CLĂDIRI CU STRUCTURI ÎN DIAFRAGME DE BETON ARMAT

Diafragma este un element de construcție structural, de grosime redusă și formă plană, uneori curbă, acționat de încărcări aplicate în planul său median sau într-un plan paralel cu suprafața sa mediană (fig. 15.5). Diafragma este un element structural principal, care se studiază, în principiu, după legile teoriei elasticității și practic, simplificat, după rezistența materialelor. În sens larg, în categoria de diafragme se pot considera următoarele elemente de construcții, folosite ca pereți portanți și de contravîntuire;

- *pereții din beton* greu sau ușor, simplu sau armat, turnați monolit;
- *pereții din elemente prefabricate* de beton armat, greu sau ușor, sub formă de panouri mari, asamblate, cu legături capabile de a transmite eforturile, mai

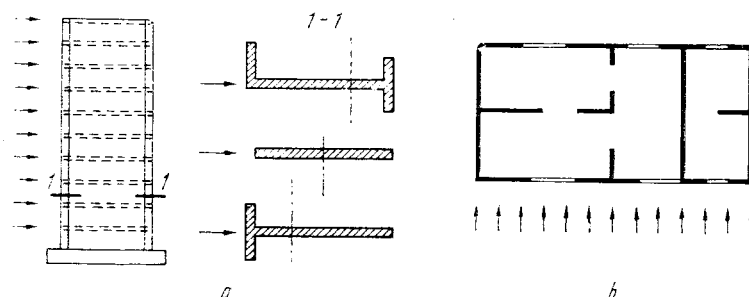
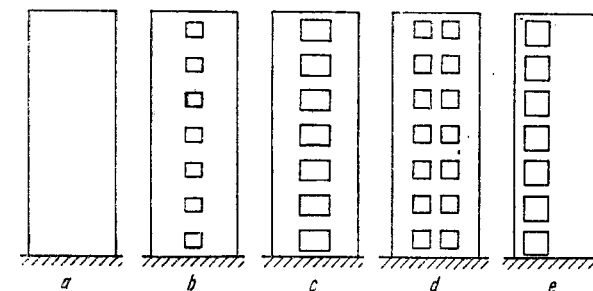


Fig. 15.5. Modul de solicitare al diaframelor:
a - elevație și secțiuni prin diafragme încărcate cu forțe orizontale la fiecare nivel; b - plan pentru o clădire cu structura de rezistență din diafragme, solicitată de forțe orizontale.

Fig. 15.6. Tipuri de diafragme:
a - plină; b - cu un șir de goluri mici; c - cu un șir de goluri mari; d - cu două șiruri de goluri; e - cu un șir excentric de goluri.



ales din încărcări orizontale; se pot folosi la clădirile joase cu 1 sau 2 niveluri și fișii cu lățimi mici (0,8 ... 1,5 m) și avînd înălțimea etajului, realizate din beton celular autoclavizat;

— *pereții din zidărie* simplă, uneori armată sau întărită cu elemente din beton armat, înglobate sub formă de centuri sau stâlpi.

Ca diafragme se consideră și grinzile cu zăbrele așezate vertical, atunci cînd îndeplinesc rolul de elemente de contravîntuire.

În sens mai restrîns denumirea de diafragmă a fost dată numai pereților plini sau cu goluri (fig. 15.6), care au rolul de a prelua, în special, încărcările orizontale (provenite din vînt sau cutremur) și a le transmite terenului de fundație, deci au rolul de a contravîntui clădirea. În același timp, diafragmele preiau și încărcările verticale (gravitaționale) provenite din greutatea proprie și din planșee.

Prin dispunerea diaframelor pe ambele direcții ale clădirii, în cazul unui planșeu de rigiditate mare în planul lui, se realizează o comportare de ansamblu spațială a întregii clădiri la preluarea încărcărilor orizontale.

15.2.2.1. Clădiri cu structuri în diafragme din beton armat monolit. Clădirile cu structura în diafragme din beton armat monolit se realizează sub forme foarte variate. Clasificarea acestor tipuri de structuri se poate face în funcție de forma în plan a clădirii, de poziția în plan a diaframelor, alcătuirea fațadelor, procedeele de execuție etc.

După forma în plan se disting:

- *clădiri liniare, bară*, de formă dreptunghiulară (fig. 15.7, a);
- *clădiri punct, turn*, de formă oarecare, dar cu dimensiuni apropiate pe cele două direcții principale (fig. 15.7, b);
- *clădiri cu diverse forme* avînd diafragmele dispuse după direcții oarecare (fig. 15.7, c).

După poziția în plan a diaframelor, se disting:

- *structuri fagure* sau *celulare*, la care diafragmele plane sînt dispuse pe o rețea dreptunghiulară. În cazul structurii fagure, rețeaua de diafragme transversale este deasă, la 3 ... 4 m, formînd o celulă corespunzătoare mărimei camerelor (fig. 15.8, a). La aceste tipuri de clădiri procesele funcționale nu diferă de la un nivel la altul, putîndu-se realiza continuitatea pe toată înălțimea clădirii, prin utilizarea *diaframelor monotone*. Pereții exteriori se realizează din panouri de fațadă ce se montează după executarea pereților interiori. Structura fagure a dat, în general, rezultate bune, atît în ceea ce privește calitățile de rezistență, cît și posibilitățile de execuție. Sub aspectul rezistenței, se remarcă faptul că diafragmele fiind suficient de dese conduc la valori mici ale tensiunilor și deci armăturile sînt dispuse din considerente constructive. Aceste structuri

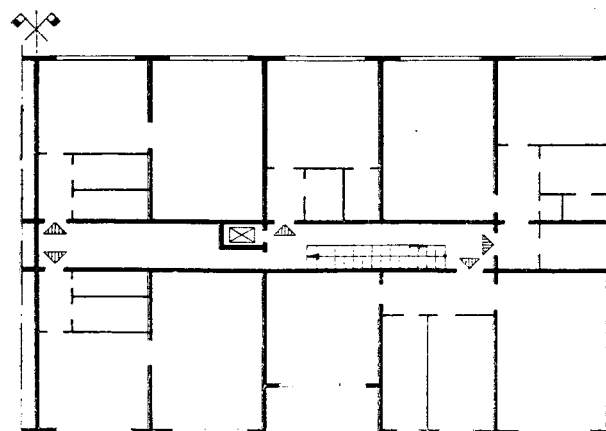


Fig. 15.7. Forma în plan a clădirilor cu structura de rezistență din diafragme de beton armat monolit :

a — clădire bară; b — clădire punct; c — schema unei clădiri stea.

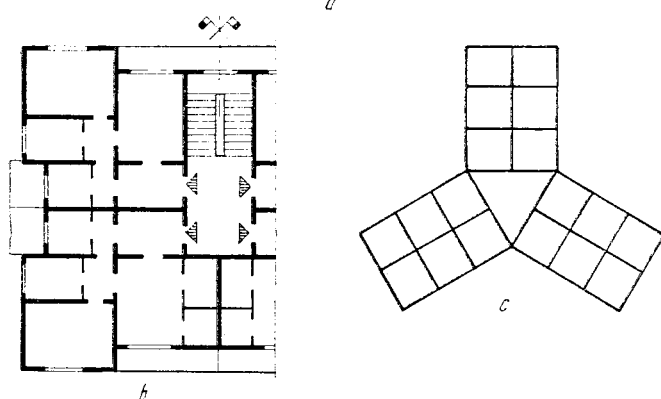


Fig. 15.8. Structuri de rezistență din diafragme de beton armat monolit :

a — structură fagure; b — structură celulară.

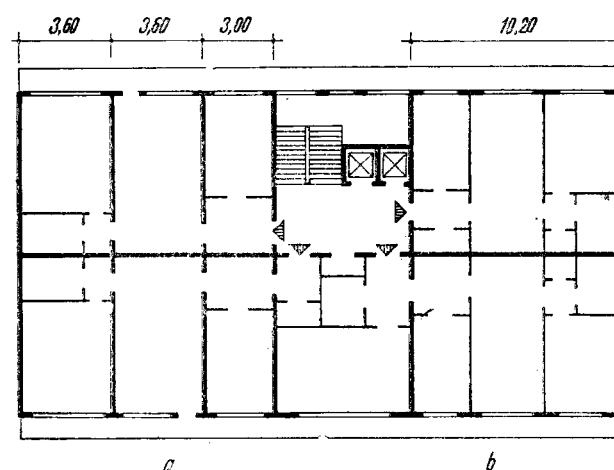
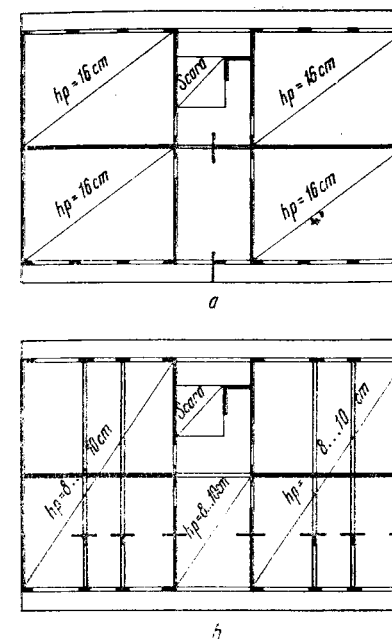


Fig. 15.9. Planșee la structuri celulare :
a — dală groasă armată pe două direcții; b — cu plăci și grinzi intermediare.

Fig. 15.10. Structură cu diafragme și parter elastic :

a — fațada laterală a clădirii; b — plan etaj curent; c — plan parter; 1 — diafragme la nivelurile curente; 2 — stâlpi la parter.



au arătat în schimb și o serie de dezavantaje, cum ar fi : greutatea de ansamblu a construcției este ridicată, eventuala uzură morală, funcțională este foarte greu de corectat (transformările la aceste structuri sînt dificil de realizat), inerția termică este redusă și transmiterea zgomotului din impact provocate de șocuri în întreaga construcție se face cu ușurință. Urmărind remedierea încorsetării partiului de arhitectură, s-a încercat mărirea distanței dintre diafragmele transversale, obținîndu-se astfel structuri celulare (fig. 15.8, b). La aceste tipuri de structuri, diafragmele transversale așezate la distanțe mai mari delimitează, de obicei, apartamentul, permițînd modificări în cadrul acestei unități funcționale. În unele țări s-a ajuns la distanțe între diafragme de 10 ... 14 m, chiar la clădiri de locuit. Cu toate că diafragmele sînt așezate la distanțe mai mari, structurile celulare prezintă o comportare favorabilă la acțiunea încărcărilor orizontale, datorită conformării diafragmelor, care în mare parte sînt fără goluri de uși, eliminîndu-se astfel concentrațiile de eforturi din zonele ce mărginesc aceste goluri. Dacă în cazul structurii fagure realizarea planșeelor nu constituie o problemă deosebită, distanța dintre diafragme fiind mică, în cazul structurilor celulare această problemă devine mai dificilă. Avînd în vedere posibilitățile de execuție, s-au conturat două variante de planșeu : *dală groasă* (fig. 15.9, a) și *placă cu grinzi intermediare* (fig. 15.9, b) ; primul tip de planșeu prezintă avantajul unei execuții simple însă cu un consum sporit de oțel. În ultimul timp se folosesc din ce în ce mai mult planșee din elemente prefabricate cu goluri rotunde sau ovale, realizate din beton precomprimat. La ambele tipuri de structuri a apărut în multe cazuri necesitatea desființării la parter a tuturor diafragmelor, susținerea construcției făcîndu-se pe stâlpi (fig. 15.10). Această soluție, denumită cu *parter elastic*, prezintă din punctul de vedere al comportării la acțiunea încărcărilor orizontale o variație bruscă a rigidității și deci concentrații de eforturi ;

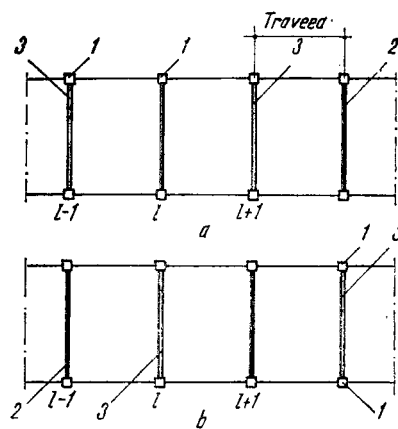


Fig. 15.11. Schema dispoziției diafragmelor la structurile cu grinzi-pereți decalate:

a - la nivelul k ; b - la nivelul $k+1$; 1 - stâlpi; 2 - diafragme transversale pe lățimea construcției; 3 - grinzi pentru planșee.

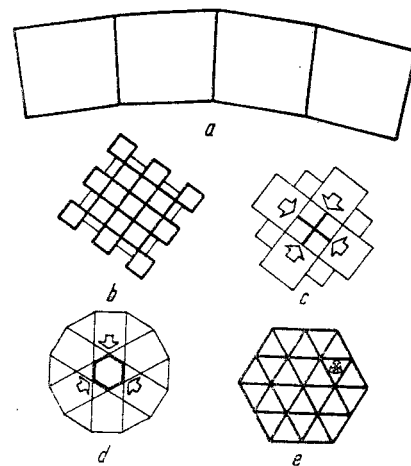


Fig. 15.12. Structuri cu diafragme liniare-plane și ochiuri poligonale de rețea:

a - clădire-bară frântă; b - clădire punct; c - clădire poligonală; d - clădire hexagonală; e - clădire hexagonală.

— structuri cu grinzi-pereți decalate, care la un nivel curent au pereți transversali (plini sau cu goluri), extinși pe toată lățimea clădirii și pe înălțimea nivelului respectiv, dispuși numai la a doua travee, rezemați pe stâlpi. De la un nivel la altul, pereții transversali se decalază cu o travee (fig. 15.11). Astfel, se realizează spații degajate pe distanța a două travee, ceea ce permite o suficientă libertate în alcătuirea partiului. În acest caz, plăcile de planșeu se pot realiza de grosime mică, deoarece ele au deschiderea egală cu traveea. Un avantaj al acestui tip de structură este modul ușor de obținere la parter a unor suprafețe libere destul de mari, fără a se face nici un fel de transformare structurală;

— structuri cu diafragmele dispuse pe o rețea oarecare, dar cu laturile liniare, ochiurile rețelei fiind poligonale (fig. 15.12);

— structuri cu diafragme dispuse după direcții arbitrare (v. fig. 15.7, c), cu diafragme curbe (fig. 15.13), sau cu diafragme cu contur închis, tub (fig. 15.14). Aceste tipuri de diafragme nu se utilizează la clădirile de serie, folosirea lor fiind legată de realizarea unor construcții unicate, fie în vederea obținerii unui aspect plăcut al clădirii, fie în vederea rezolvării judicioase a proceselor funcționale.

Varietatea distribuțiilor în plan a diafragmelor poate fi foarte mare (fig. 15.15).

După tehnologia folosită la turnarea diafragmelor, se disting structuri executate cu:

— cofraje de inventar din panouri de lemn sau metal, de dimensiuni mici; lungimea acestor panouri este mai mică decât lungimea unui perete;

— cofraje plane universale tip INCERC, din metal, având dimensiuni ce depășesc, în general, lungimea peretelui camerei;

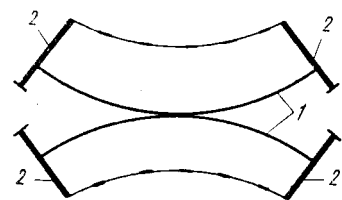


Fig. 15.13. Structuri cu diafragme curbe:

1 - diafragme longitudinale curbe; 2 - diafragme transversale drepte.

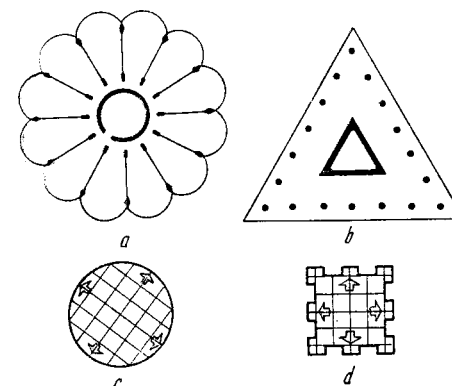


Fig. 15.14. Structuri cu diafragme cu contur închis:

a - clădire în formă de rozetă; b - clădire triunghiulară; c - clădire circulară; d - clădire punct.

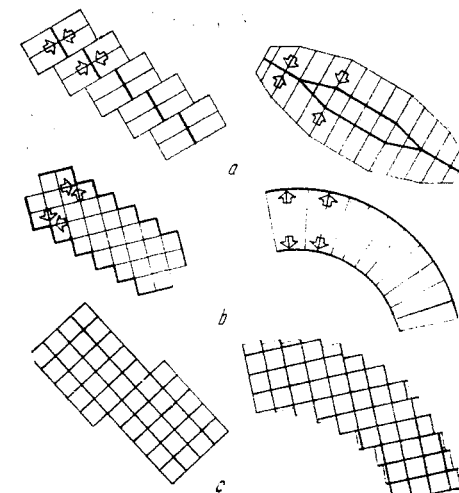


Fig. 15.15. Clădiri având forme în plan deosebite, rezolvate cu structuri de rezistență cu diafragme, dispuse:

a - la interior pe direcție longitudinală; b - la exterior pe direcție longitudinală; c - pe două direcții.

— cofraje plane speciale, din metal, confecționate pe dimensiunile pereților;

— cofraje glisante din panouri de lemn căptușite cu tablă.

Structurile cu diafragme turnate monolit, avantajoase tehnico-economic la clădiri cu peste 4 niveluri, la care procesul funcțional permite o distribuție identică a diafragmelor la toate nivelurile, se pot utiliza la locuințe colective, cămine, hoteluri, clădiri administrative. În ceea ce privește tipul de structură, în funcție de destinație, amplasament, plastică arhitecturală, se poate prevedea oricare cu condiția să satisfacă cerințele de funcționalitate (utilizarea spațiului, circulație, iluminare, izolare termică și fonică etc.), de rezistență și stabilitate (necesitatea de a asigura preluarea și transmiterea la teren a tuturor solicitărilor la care va fi supusă clădirea în timpul exploatării cu maximum de economie) și de tehnologie (utilizarea celei mai adecvate tehnologii de execuție încât să nu apară incompatibilități tehnice sau economice).

Practic, se pot aplica la clădirile joase și de înălțime medie toate tipurile de structuri prezentate. Totuși, studiile efectuate în condițiile țării noastre cu respectarea cerințelor arătate, au dus la utilizarea cu prioritate a anumitor tipuri de structuri (tab. 15.2) și a anumitor tehnologii de execuție (tab. 15.3).

15.2.2.2. Clădiri cu structura în diafragme prefabricate din beton armat. Unele dezavantaje pe care le prezintă clădirile cu diafragme din beton armat monolit (volum mare de manoperă, caracterul sezonier al execuției sau măsurile suplimentare costisitoare, care se iau pentru continuarea lucrărilor pe timp friguros) pot fi eliminate prin realizarea clădirilor din elemente prefabricate de beton armat, mai ales sub formă de panouri mari. Acest sistem constructiv, aplicat astăzi la noi în țară pe scară largă la clădirile de locuit cu $S + P + 4E$, cu posibilități de extindere la clădiri cu $S + P + 10E$ (în regiuni cu grad de seismicitate maximum 7) este alcătuit integral din panouri mari de mărimea cel puțin a unei camere. Prin îmbinarea panourilor cu îmbinări rezistente (rigide) se formează un ansamblu de diafragme transversale, longitudinale și orizontale,

Tabelul 15.2

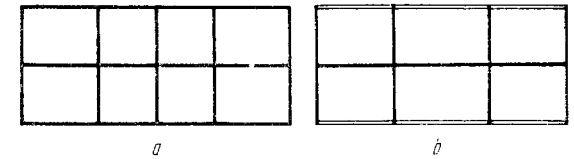
Înălțime	Destinație	Grad seismic	Forma clădirii			Dispoziția în plan a diafragmelor				Alcătuirea fațadei			
			liniară	punct	alte forme	sistem fagure modular	sistem celular modular	diafragme plane, dispuse oarecum	diafragme frînte, dispuse oarecum	diafragme	cadre	panouri nepor-tante	
P+4E	locuințe, cămine, internate hoteluri, clădiri administrative	6;7	+	+		+	+					+	+
		8;9	+	+		+	+			+	+	+	+
		6;7	+	+	+	+		+				+	+
		8;9	+	+	+	+		+			+	+	+
P+10E	locuințe, cămine, internate hoteluri, clădiri administrative	6;7	+	+		+	+					+	+
		8;9	+	+		+	+			+	+	+	+
		6;7	+	+	+	+		+			+	+	+
		8;9	+	+	+	+		+			+	+	+

+ posibil tehnic
+ recomandat

Tabelul 15.3

Tehnologia de turnare a diafragmelor	Regim de înălțime	Forma clădirii		Dispoziția în plan a diafragmelor				Alcătuirea fațadei		
		liniară	punct	alte forme	sistem fagure modular	sistem celular modular	diafragme plane, dispuse oarecum	diafragme frînte, dispuse oarecum	diafragme	cadre
Cofraje din panouri mici de placaj sau din metal	P+3E; P+4E	+	+	+	+	+				
	P+8E; ...10E	+	+	+	+	+				
	P+3E; P+4E	+	+	+	+	+				
	P+8E; ...10E	+	+	+	+	+				
Cofraje plane universale tip INCERC	P+3E; P+4E	+	+	+	+	+				
	P+8E; ...10E	+	+	+	+	+				
Cofraje plane speciale	P+3E; P+4E	+	+	+	+	+				
	P+8E; ...10E	+	+	+	+	+				
Cofraje glisante	P+3E; P+4E	+	+	+	+	+				
	P+8E; ...10E	+	+	+	+	+				

+ posibil tehnic
+ recomandat

Fig. 15.16. Structuri pentru clădiri în diafragme din panouri mari:
a - cu diafragme transversale și longitudinale; b - fără diafragme portante, longitudinale, exterioare.

care se intersectează ortogonal, realizînd o structură rigidă spațial, evitîndu-se astfel comportarea gen castel de cărți de joc.

În practica proiectării s-au conturat două tipuri principale de structuri: structura cu diafragme portante interioare și exterioare, transversale și longitudinale (fig. 15.16, a) și structura fără diafragme longitudinale exterioare (fig. 15.16, b). Prin așezarea diafragmelor transversale la distanțe mai mici sau mai mari rezultă structuri tip fagure sau tip celular. Structura fagure asigură construcției o rigiditate mare, dînd naștere la clădiri cu o comportare la forțe orizontale apropiată pe ambele direcții principale (transversal și longitudinal). Teritoriul țării noastre fiind pe o anumită zonă seismic, normele recomandă utilizarea structurii tip fagure la realizarea clădirilor din panouri mari.

La elaborarea partiului de arhitectură trebuie îmbinate armonios mai multe cerințe:

- utilizarea unui număr relativ limitat de tipuri de panouri, deci folosirea unui număr cît mai restrîns de tipuri de travei și deschideri;
- realizarea de structuri cît mai simetrice față de axul longitudinal și evitarea disimetriilor pronunțate față de axul transversal;
- păstrarea aceleiași distribuții de arhitectură la toate nivelurile, admițîndu-se doar modificări de importanță redusă.

Analizînd aceste cerințe, se pare că posibilitățile de tratare plastică și arhitectonică a fațadelor clădirilor din panouri mari sînt limitate. În realitate, pentru a se evita monotonia la care conduce realizarea unui număr mare de clădiri similare, există multe posibilități care să nu afecteze totuși producția industrială (număr cît mai restrîns de tipuri de panouri); se recomandă ca proiectele să fie astfel întocmite, încît să permită obținerea unor fațade variate, prin modificarea unor elemente ale panourilor exterioare sau prin schimbarea finisajelor.

15.2.2.3. Clădiri cu structura din elemente spațiale din beton armat. Obținerea unui număr sporit de locuințe într-un timp cît mai scurt se face printr-o industrializare a tuturor lucrărilor de construcție. Sistemul de construcție din elemente spațiale (volumetrice) vine să răspundă acestei cerințe, prezentînd mai multe avantaje:

- comportare superioară la încărcări seismice, îmbinări și etanșări mai sigure și mai simple decît la structurile cu panouri mari;
- trecerea a peste 80 ... 90% din operațiile de pe șantier în fabrică, deci în producția industrializată (condiții de lucru și calificare superioară, producție neinfluențată de condițiile atmosferice etc.).

Structurile din elemente spațiale permit obținerea unei productivități sporite în construcții, manopera totală (consumată în fabrici și pe șantier) fiind cea mai redusă, în cazul clădirilor de locuit (fig. 15.17). În tabelul 15.4 se evidențiază avantajele tehnico-economice ale acestui sistem constructiv din punctul de vedere al gradului de industrializare, al duratei de execuție și al consumului de manoperă pe șantier, după studiile *Institutului de cercetare și proiectare al Consiliului Popular al Județului Iași*. Rezultate tehnico-economice bune s-au obținut prin utilizarea acestor tipuri de structuri în U.R.S.S.

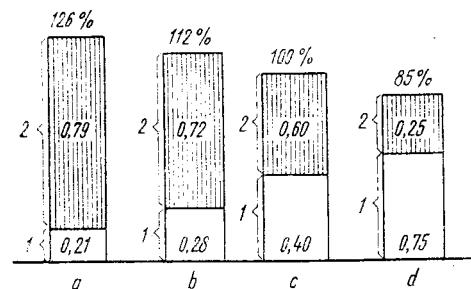


Fig. 15.17. Variația consumului de manoperă pentru clădiri cu pereți portanți, în funcție de tipul structurii :

a - pentru pereți din zidărie; b - pentru pereți din blocuri mari; c - pentru pereți din panouri mari; d - pentru elemente spațiale; 1 - manoperă consumată în fabrică; 2 - manoperă consumată pe șantier.

Prin utilizarea structurilor din elemente spațiale se realizează ansambluri urbanistice și arhitectonice suficient de variate și deosebit de plăcute.

Există și critici privind utilizarea sistemului de construcție din elemente spațiale și anume că realizarea unor elemente foarte mari prefabricate (cu greutate

Tabelul 15.1

Structura de rezistență	Manopera pe șantier pentru un apartament mediu, convențional		Durata de execuție exprimată comparativ, %	Gradul de industrializare (ponderea lucrărilor executate în fabrică), %
	ore	%		
Zidărie portantă	1800	100	100	5
Panouri mari	1200	65	75	40
Elemente spațiale	320	20	25	80

relativ mare) conduce la complicații în transport și montaj, apreciindu-se că industrializarea și mecanizarea pot fi extinse la multe alte sisteme de execuție printr-o organizare și coordonare mai bună a lucrărilor de construcții montaj.

Posibilitățile de aplicare a sistemului constructiv din elemente spațiale de dimensiuni mari sau mijlocii, complet prefinisate, cu instalații montate și care numai se assemblează pe șantier sînt foarte variate: apartamente spațiale de 2 ... 5 camere (din mai multe elemente), cabine spațiale de baie, camere spațiale pentru hoteluri, tronsoane spațiale pentru ascensoare etc.

Ca sisteme constructive se folosesc clădiri de locuit din elemente tip pahar, fără tavan (fig. 15.18) sau din elemente închise pe toate fețele (cutii). Dintre cele două sisteme: sistemul deschis, în care elementul spațial este livrat cu cel puțin un perete lipsă și ca urmare o parte din finisaj se execută pe șantier și sistemul închis, în care elementul spațial este livrat din fabrică închis complet, cu toate finisajele și instalațiile executate, pe șantier realizîndu-se numai un montaj de elemente, reiese că sistemul închis este mai economic.

La realizarea sistemului constructiv din elemente spațiale se poate folosi și betonul ușor; la Iași se execută un bloc experimental din elemente spațiale confecționate cu beton de granolit de către Consiliul Popular al Județului Iași și cu asistența tehnică a Facultății de construcții și a Filialei — I.C.C.P.D.C. din Iași.

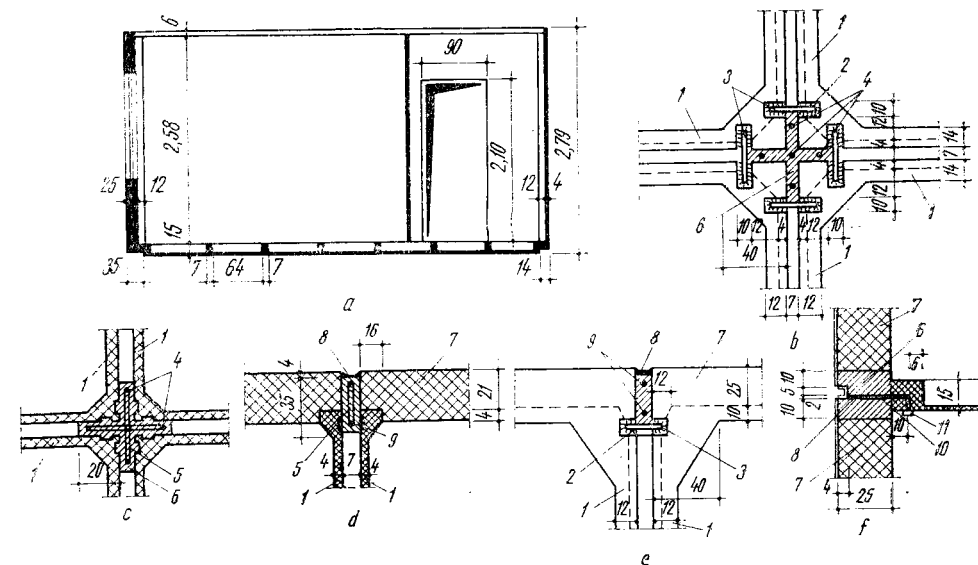


Fig. 15.18. Structură de rezistență din elemente spațiale pentru clădiri de locuit :

a - secțiune printr-un element spațial în formă de pahar; b - c - îmbinări la intersecția pereților interiori ai elementelor spațiale; d - e - îmbinări între elementele spațiale în dreptul rosturilor verticale exterioare; f - îmbinarea elementelor spațiale în dreptul unui rost orizontal exterior; 1 - pereții interiori ai elementului spațial; 2 - oțel lat 100 x 100 x 8 mm; 3 - oțel-beton Ø 25, sudat de oțelul lat; 4 - bare verticale în monolitizare, Ø 10 mm; 5 - etrier Ø 5 mm/15 cm; 6 - mortar de monolitizare; 7 - peretele exterior al elementului spațial; 8 - chit elasto-plastic; 9 - bare verticale în monolitizare, 2 Ø 12 mm; 10 - mortar de poză; 11 - baghetă pentru acoperirea rostului orizontal.

15.2.3. CLĂDIRI CU STRUCTURA DE REZISTENȚĂ ÎN CADRE

Structurile în cadre pot fi realizate din beton armat, metal sau foarte rar din lemn. Ca tipuri de structuri se disting :

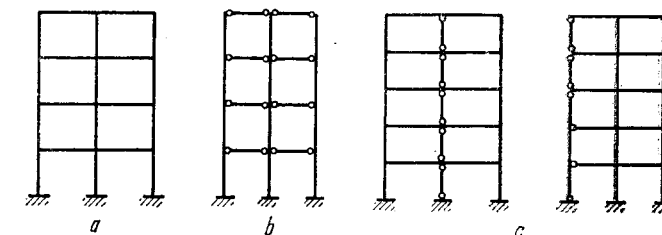
- structuri cu noduri rigide (fig. 15.19, a), care preiau și transmit fundațiilor forțele orizontale;
- structuri cu stâlpi și rigle articulate (fig. 15.19, b), care nu preiau forțele orizontale. Pentru preluarea acestor forțe sînt necesare elemente de rigidizare (contravîntuire) din diafragme verticale (fig. 15.20) sau din grinzi cu zăbrele verticale (fig. 15.21); se folosesc, astfel, structuri mixte din cadre și diafragme cu conlucrare la forțe orizontale;
- structuri care cuprind ambele soluții arătate mai sus (v. fig. 15.19, c).

Primul tip de structură este caracteristic construcțiilor din beton armat, iar al doilea, construcțiilor metalice.

În ceea ce privește realizarea fațadelor construcțiilor cu schelet, se desprind două tendințe: într-un caz scheletul sau o parte din acesta este vizibil din

Fig. 15.19. Scheme de structuri în cadre :

a - cu noduri rigide; b - cu rigle articulate; c - combinate, cu unele noduri rigide și altele articulate.



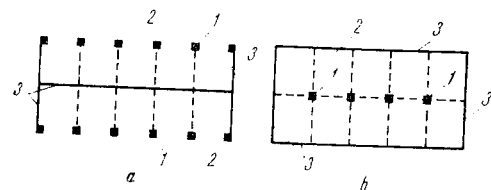


Fig. 15.20. Scheme de structuri mixte în cadre contravîntuite cu diafragme:
a - cu diafragme longitudinale interioare și transversale de fronton; b - cu diafragme exterioare, longitudinale și transversale; 1 - stâlpi; 2 - riglele cadrelor; 3 - diafragme de contravîntuire.

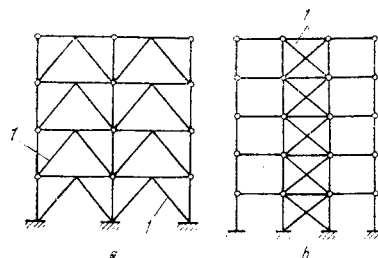


Fig. 15.21. Scheme de structuri în cadre contravîntuite:
a - cu contrafile; b - cu grinzi cu zăbrele; 1 - diagonale de contravîntuire.

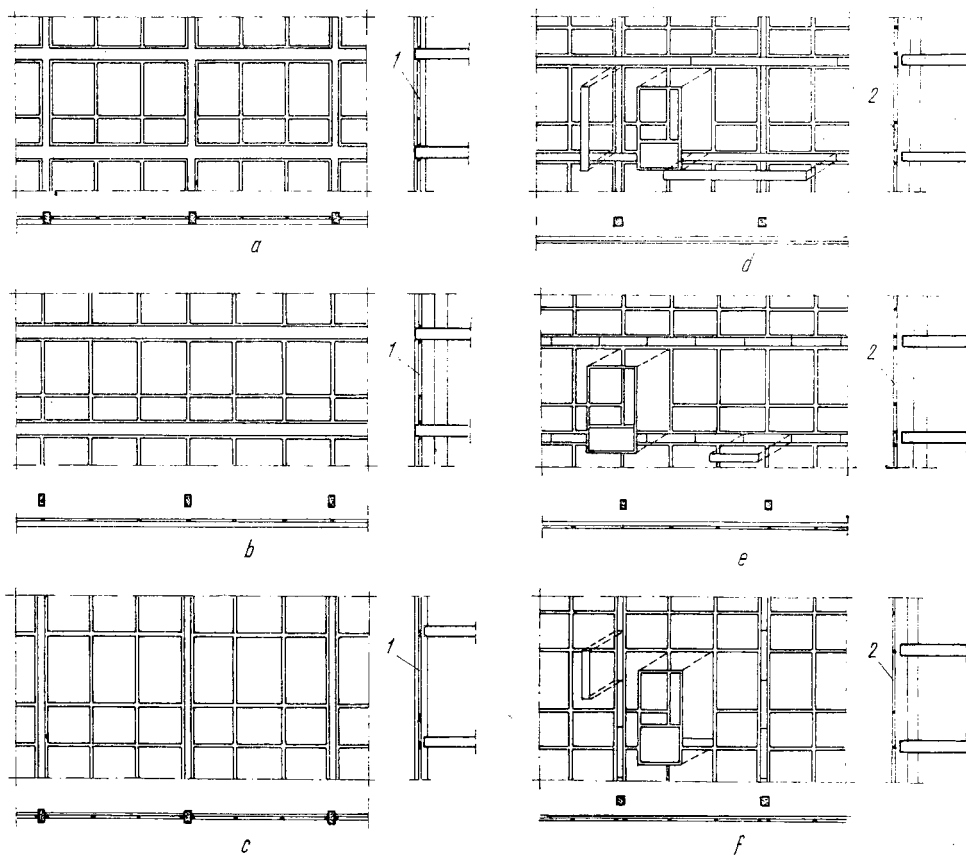


Fig. 15.22. Scheme de fațade pentru structuri cu schelet:
a - cu schelet aparent; b - cu marginile planșelor aparente; c - cu stâlpi aparenti; d - cu pereți cortină imitind scheletul de rezistență; e - cu pereți cortină imitind marginile planșelor; f - cu pereți cortină imitind stâlpii scheletului; 1 - panou de fațadă; 2 - perete cortină.

exterior (fig. 15.22, a, b, c), iar în alt caz rămîne ascuns în spatele unui perete cortină (fig. 15.22, d, e, f).

În țara noastră mult timp s-au realizat clădiri cu schelet din beton armat monolit. Datorită unor dezavantaje constatate la acest sistem: grad de industrializare redus, consum mare de material lemnos la cofraje și din lipsa unor materiale ușoare în soluții corespunzătoare pentru pereții de închidere și compartimentare nu s-a putut fructifica avantajul principal al acestui tip de structură și anume posibilitatea reducerii greutateii construcțiilor prin utilizarea betonului greu numai în cantitatea strict necesară pentru scheletul de rezistență și executarea din materiale ușoare a celorlalte elemente. Elementele de închidere și compartimentare cînd nu participă la preluarea solicitărilor constituie o încărcare suplimentară pentru scheletul de rezistență. Structurile în cadre din beton armat au o comportare foarte bună la acțiunea încărcărilor orizontale din seism deoarece prezintă o ductilitate bună.

Pentru eliminarea dezavantajelor referitoare la gradul redus de industrializare și la consumul mare de material lemnos la cofraje s-au făcut studii și cercetări în vederea înlocuirii structurilor din cadre de beton armat monolit cu structuri din cadre prefabricate.

Avînd la dispoziție în prezent materiale ușoare și soluții tehnice avantajoase pentru elementele de închidere și compartimentare, structura în cadre poate fi aplicată cu rezultate foarte bune la toate categoriile de clădiri, oferind o mare elasticitate partiului de arhitectură.

15.3. ELEMENTE PRINCIPALE PRIVIND COMPORTAREA MECANICĂ A CLĂDIRILOR

15.3.1. GENERALITĂȚI

În cadrul condițiilor tehnice pe care trebuie să le satisfacă clădirile de locuit, un loc important îl ocupă condițiile mecanice, legate de siguranța și exploatarea normală a acestora și care privesc asigurarea stărilor limită ultime (de rezistență, stabilitate etc.) și ale exploatarea normală (de rigiditate, deformare, fisurare).

Preluarea încărcărilor gravitaționale (verticale) și a celor orizontale se face diferit în funcție de sistemul constructiv adoptat, dar indiferent de acesta, dacă structura este corect concepută pentru a realiza o rigiditate spațială a clădirii, preluarea încărcărilor și transmiterea acestora la terenul de fundație se face sub o formă spațială, mai mult sau mai puțin complicată.

Dacă preluarea și transmiterea încărcărilor verticale de către structură la terenul de fundație se face mult mai simplu și apare mult mai intuitiv, preluarea și transmiterea încărcărilor orizontale (vînt și seism) poate deveni extrem de complicată, în funcție de sistemul constructiv adoptat. Acesta este și motivul pentru care la calculul clădirilor se introduc o serie de ipoteze simplificatoare precizate în cadrul fiecărui tip de structură, prin care se încearcă să se transforme structurile, din sisteme spațiale multiplu static nedeterminate, în sisteme plane, cu posibilități simple și mai numeroase de calcul. În acest sens, la structurile folosite curent la clădirile de locuit o importanță deosebită o are rigiditatea planșului în planul lui. Dacă planșul prezintă o rigiditate redusă, uneori practic nulă în planul lui, rigiditatea spațială a clădirii nu este asigurată, fiecare element vertical de rezistență sub acțiunea încărcărilor orizontale se deformează independent și deci preluarea acestora se face de pe zona aferentă

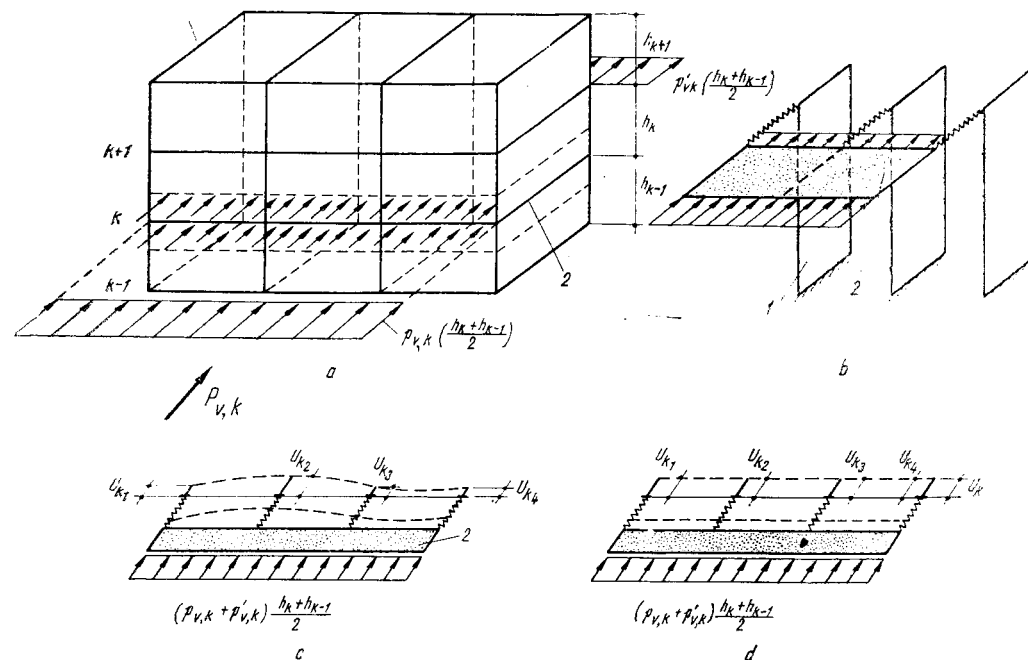


Fig. 15.23. Repartizarea încărcărilor orizontale la elementele verticale de rezistență:
a - încărcarea diafragmelor orizontale; b - transmiterea încărcării orizontale la elementele verticale portante; c - deformarea independentă a elementelor verticale portante; d - deplasarea planșeului cu rigiditate infinită; 1 - element vertical de rezistență; 2 - planșeu.

elementului (fig. 15.23, c). Analizând celălalt caz extrem, când rigiditatea planșeului în planul lui este infinită, se constată că rigiditatea spațială a structurii este asigurată, elementele verticale sub acțiunea încărcărilor orizontale nu mai lucrează independent, deformațiile elementelor verticale mai puțin rigide fiind împiedicate de deformațiile elementelor verticale mai rigide (fig. 15.23, d). Aceasta conduce la o încărcare din forțe orizontale a elementelor verticale, proporțional cu rigiditățile acestora.

Problema devine mult mai complicată când rigiditatea planșeului în planul lui este cuprinsă practic între zero și infinit. În acest caz, în funcție de rigiditatea planșeului, preluarea încărcărilor orizontale se face atât proporțional cu rigiditatea elementelor verticale, cât și cu zona aferentă lor.

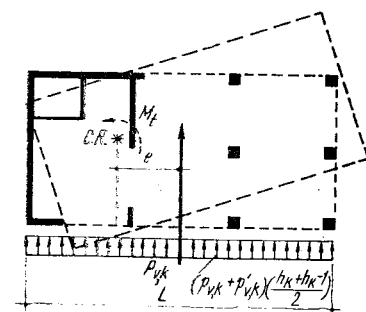


Fig. 15.24. Rotația structurii nesimetrice (geometric sau mecanic) în jurul centrului de rigiditate.

În cazul când planșeul prezintă o anumită rigiditate în planul lui și când direcția de acțiune a forței laterale totale de nivel (\$P_{vk}\$) nu trece prin centrul de rotație sau centrul de rigiditate al structurii (al grupului de elemente verticale de rezistență) se produce și o rotație a structurii în jurul centrului de rotație sau rigiditate (fig. 15.24). Deci, când centrul de rigiditate nu coincide cu direcția de acțiune a forței laterale, se produc în planul planșeului și momente de torsiune. Cum toate elementele de construcție lucrează defavorabil la torsiune, se recomandă ca structura să se alcătuiască de așa manieră încât să se evite fenomenele de răsucire.

15.3.2. REPARTIZAREA ÎNCĂRCĂRILOR ORIZONTALE DE NIVEL PROVENITE DIN ACȚIUNEA VÎNTULUI LA ELEMENTELE VERTICALE DE REZISTENȚĂ

Încărcările orizontale de nivel se repartizează, în mod obișnuit, la diafragme în funcție de rigiditățile acestora. Metodele folosite pentru această repartizare spațială, considerind planșeul de rigiditate infinită în planul lui, se pot grupa în două categorii:

- metoda care se bazează pe egalitatea săgeților diafragmelor la fiecare nivel sau la ultimul nivel;
- metoda centrului de rigiditate, cu utilizarea rigidităților relative de nivel.

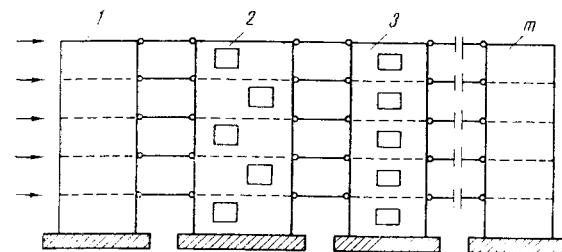


Fig. 15.25. Structură schematizată cu indicarea tuturor diafragmelor (1...m), când se pune condiția egalității săgeților diafragmelor, la fiecare nivel.

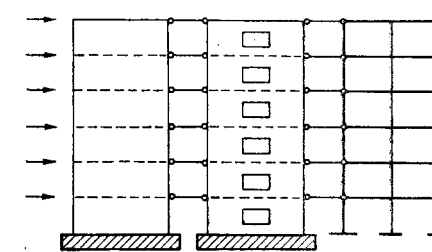


Fig. 15.26. Structură schematizată cu diafragmele de același tip grupate când se pune condiția egalității săgeților diafragmelor la toate nivelurile.

15.3.2.1. Metoda egalității săgeților diafragmelor în dreptul planșeelor. În funcție de numărul de condiții care se pun pentru egalitatea săgeților diafragmelor în dreptul planșeelor, se folosesc următoarele metode:

— metoda în care condiția de egalitate a săgeților diafragmelor se pune la fiecare nivel (fig. 15.25). Se formează, astfel, un sistem de \$(m-1) \cdot n\$ ecuații, practic rezolvabil doar cu un calculator electronic de capacitate mare;

— metoda în care condiția de egalitate a săgeților diafragmelor se pune doar la câteva niveluri în așa fel încât deformata de ansamblu a structurii să se păstreze;

— metoda în care diafragmele de același tip (pline, cu goluri mijlocii sau mari) se grupează (fig. 15.26), după care se pune condiția de egalitate a săgeților la toate nivelurile sau numai la câteva niveluri. Ultimele două metode sînt simplificate, dar se pot utiliza cu rezultate bune în proiectare, erorile introduse față de prima metodă nefiind prea mari;

— metoda în care condiția de egalitate a săgeților diafragmelor se pune la un nivel situat la 0,8 din înălțimea clădirii, sau la ultimul nivel, la vîrf (fig. 15.27). Este o metodă aproximativă, întrucît admite ipoteza că axele deformate ale tuturor diafragmelor sînt identice în dreptul tuturor planșeelor, dacă se realizează egalitatea de săgeți la nivelul considerat. Metoda dă rezultate satisfăcătoare în cazurile curente, permițînd totodată o repartitie a forțelor orizontale la fiecare diafragmă, identică ca formă cu cea a ansamblului structurii.

15.3.2.2. Metoda centrului de rigiditate. Este metoda de calcul care poate fi aplicată cu rezultate bune la

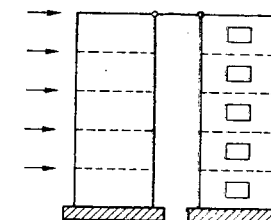


Fig. 15.27. Structură schematizată cu diafragmele de același tip grupate, când se pune condiția egalității săgeților diafragmelor la ultimul nivel.

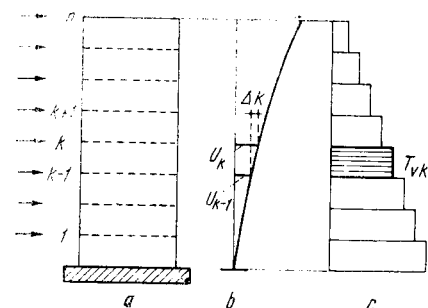


Fig. 15.28. Stabilirea rigidității relative de nivel:

a - schema diafragmelor solicitate de forțe orizontale; b - deformata diafragmei; c - diagrama de forțe tăietoare.

Deci, rigiditatea relativă de nivel nu reprezintă o caracteristică invariabilă a elementului respectiv la nivelul considerat, deoarece depinde de deformata întregului element.

Astfel, se pot defini rigidități relative de nivel ale elementului, după axele principale de inerție (*rigidități principale* $R_k^{(1)}, R_k^{(2)}$ - fig. 15.29, a) și rigidități relative de nivel după o axă oarecare (*rigidități oblice* - $R_k^{(x)}, R_k^{(y)}, R_k^{(x,y)}$ - fig. 15.29, b).

După cum s-a arătat, este necesar a cunoaște poziția rezultantei încărcărilor exterioare față de centrul de rigiditate. În acest sens, se determină centrul de rigiditate (răsucire), adică punctul prin care, dacă trece forța laterală totală de nivel (rezultanta încărcărilor exterioare), nivelul superior efectuează numai o mișcare de translație în raport cu nivelul inferior. Determinarea poziției centrului de rigiditate se face cu ajutorul rigidităților relative de nivel.

Etapile de calcul care se parcurg sînt următoarele:

— structura spațială se descompune într-un ansamblu de sisteme simple (cadre, diafragme, stâlpi - fig. 15.30);

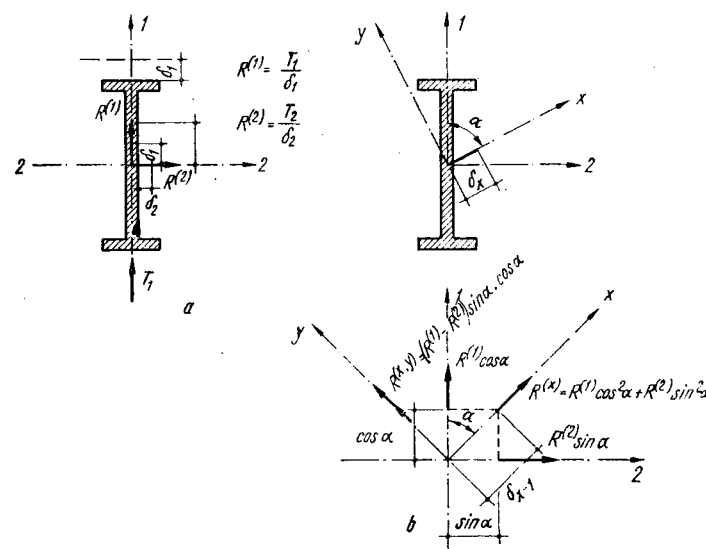


Fig. 15.29. Rigidități relative de nivel, definite după:

a - axele principale de inerție ale elementului (rigidități principale); b - axe oarecare (rigidități oblice).

toate tipurile de structuri în cazul cînd planșeele prezintă o rigiditate infinită în planul lor și cînd rigiditățile relative de nivel ale elementelor verticale de rezistență, cuprinse între două planșee consecutive, sînt cunoscute.

Rigiditatea relativă de nivel se definește ca fiind raportul dintre forța tăietoare de nivel și deplasarea relativă a nivelului considerat, față de nivelul inferior (fig. 15.28) și este dată de relația:

$$R_k = \frac{T_{vk}}{U_k - U_{k-1}} = \frac{T_{vk}}{\Delta k} \quad (15.1)$$

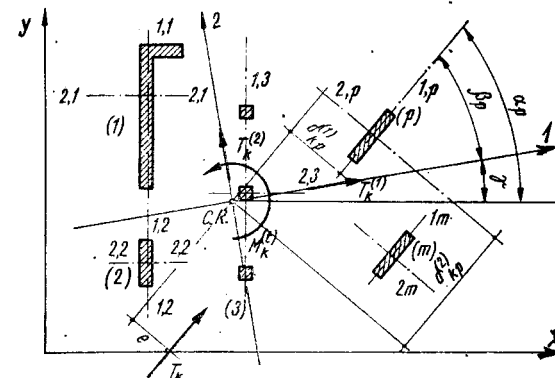


Fig. 15.30. Elemente mecanice privind rigiditățile relative de nivel la o structură cu diferite elemente verticale de rezistență (stâlpi, diafragme etc.).

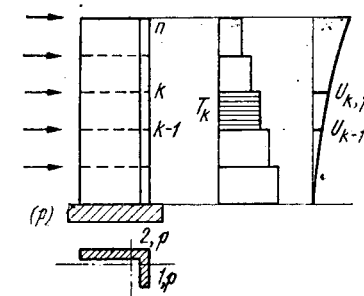


Fig. 15.31. Schemă de încărcare a construcției cu forțe orizontale de valoare arbitrară pentru determinarea în primă aproximație, a rigidităților relative de nivel.

— se aplică asupra elementelor verticale (cadrelor, diafragmelor, stîlpilor) forțe orizontale de valoare arbitrară, distribuite analog forțelor reale aplicate pe întreaga construcție (fig. 15.31) și se determină, în prima aproximație, rigiditățile relative de nivel, după axele principale ale fiecărui element $R_k^{(1)}, R_k^{(2)}; \dots; R_k^{(1)}, R_k^{(2)}; R_k^{(1)}, R_k^{(2)}$;

— se alege un sistem arbitrar de axe x, y față de care se determină rigiditățile relative oblice $R_k^{(x)}, R_k^{(y)}; R_k^{(x,y)}; \dots; R_k^{(x)}, R_k^{(y)}; R_k^{(x,y)}$. Cunoscînd rigiditățile relative oblice ale fiecărui element, se determină centrul de rigiditate al sistemului și axele principale de rigiditate;

$$\operatorname{tg} 2\gamma = \frac{\sum_{p=1}^m (R_{kp}^{(1)} - R_{kp}^{(2)}) \sin 2\alpha_p}{\sum_{p=1}^m (R_{kp}^{(1)} - R_{kp}^{(2)}) \cos 2\alpha_p} \quad (15.2)$$

Rigiditățile relative oblice totale (pe ansamblul structurii) sînt date de relațiile:

$$R_k^{(1)} = \sum_{p=1}^m (R_{kp}^{(1)} \cos^2 \beta_p + R_{kp}^{(2)} \sin^2 \beta_p); \quad (15.3)$$

$$R_k^{(2)} = \sum_{p=1}^m (R_{kp}^{(1)} \sin^2 \beta_p + R_{kp}^{(2)} \cos^2 \beta_p);$$

— se determină forța tăietoare de nivel pe ansamblul structurii cu relația:

$$T_k = \sum_{i=k}^n P_{vi}. \quad (15.4)$$

După cum forța tăietoare trece sau nu prin centrul de rigiditate al structurii (*C.R.*) apare sau nu torsiunea structurii de rezistență. Cînd forța tăietoare trece prin centrul de rigiditate, momentul de torsiune este nul. În acest caz, descompunînd forța tăietoare totală de nivel după cele două axe principale de rigiditate, $T_k^{(1)}$ și $T_k^{(2)}$, se pot determina forțele tăietoare de nivel care revin fie-

căru element. De exemplu, pentru elementul p (v. fig. 15.30) forțele tăietoare de nivel sint date de relațiile :

$$T_{kp}^{(1)} = \frac{R_{kp}^{(1)}}{R_k^{(1)}} T_k^{(1)} \cos \beta_p + \frac{R_{kp}^{(1)}}{R_k^{(2)}} T_k^{(2)} \sin \beta_p; \quad (15.5)$$

$$T_{kp}^{(2)} = \frac{R_{kp}^{(2)}}{R_k^{(1)}} T_k^{(1)} \sin \beta_p + \frac{R_{kp}^{(2)}}{R_k^{(2)}} T_k^{(2)} \cos \beta_p. \quad (15.6)$$

Cind forța tăietoare totală de nivel, T_k , nu trece prin centrul de rigiditate, structura este solicitată și de un moment de torsiune $M_k^{(t)} = T_k e$. În acest caz forțele tăietoare de nivel care revin fiecărui element vertical de rezistență sint date de relațiile :

$$T_{kp}^{(1)} = \frac{R_{kp}^{(1)}}{R_k^{(1)}} T_k^{(1)} \cos \beta_p + \frac{R_{kp}^{(1)}}{R_k^{(2)}} T_k^{(2)} \sin \beta_p + \frac{R_{kp}^{(1)} d_{kp}^{(1)} (T_k^{(1)} e_2 - T_k^{(2)} e_1)}{\sum_{p=1}^m [R_{kp}^{(1)} (d_{kp}^{(1)})^2 + R_{kp}^{(2)} (d_{kp}^{(2)})^2]}; \quad (15.7)$$

$$T_{kp}^{(2)} = \frac{R_{kp}^{(2)}}{R_k^{(1)}} T_k^{(1)} \sin \beta_p + \frac{R_{kp}^{(2)}}{R_k^{(2)}} T_k^{(2)} \cos \beta_p + \frac{R_{kp}^{(2)} d_{kp}^{(2)} (T_k^{(1)} e_2 - T_k^{(2)} e_1)}{\sum_{p=1}^m [R_{kp}^{(1)} (d_{kp}^{(1)})^2 + R_{kp}^{(2)} (d_{kp}^{(2)})^2]}. \quad (15.8)$$

unde e_1 și e_2 sint proiecțiile excentricității e după cele două axe principale de rigiditate;

— cu eforturile secționale determinate în prima aproximație, pentru fiecare element se determină deformatiile, $U_{k,p}$, rigiditățile relative de nivel ale fiecărui element $R_{kp}^{(1)} = T_k^{(1)} / U_{k,p}^{(1)} - U_{k-1,p}^{(1)}$ și rigiditățile relative totale de nivel;

— forța tăietoare de nivel se repartizează la elementele de rezistență proporțional cu noile rigidități determinate.

De obicei, aceste două aproximații sint suficiente; apare necesară o a treia aproximație numai în cazul cind variația rigidităților pe înălțimea construcției este mare.

În acest fel se determină forțele orizontale repartizate fiecărei diafragme. Un dezavantaj al metodei rezidă din faptul că la determinarea eforturilor secționale în diafragmele cu goluri mijlocii (capitolul 16) nu în toate cazurile se pot folosi abacele și tabelele date pentru încărcări uniform distribuite.

Capitolul 16

CALCULUL CLĂDIRILOR CU STRUCTURI DE REZISTENȚĂ DIN DIAFRAGME DE BETON ARMAT

16.1. ELEMENTE GENERALE PRIVIND CALCULUL DIAFRAGMELOR

În alcătuirea clădirilor cu structuri în diafragme de beton armat se întilnesc, de obicei, două tipuri de diafragme : pline și cu goluri. În funcție de dispunerea golurilor, pot fi :

- diafragme cu un șir de goluri (fig. 16.1, a);
- diafragme cu mai multe șiruri de goluri (fig. 16.1, b);
- diafragme cu goluri așezate oricum (fig. 16.1, c).

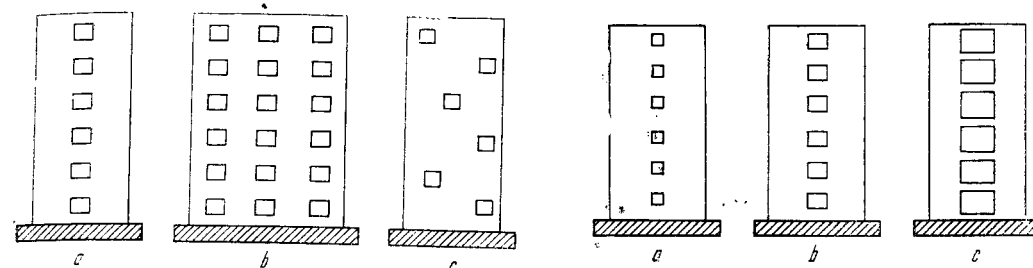


Fig. 16.1. Diafragme cu goluri :
a - cu un șir de goluri; b - cu mai multe șiruri de goluri; c - cu goluri așezate oricum.

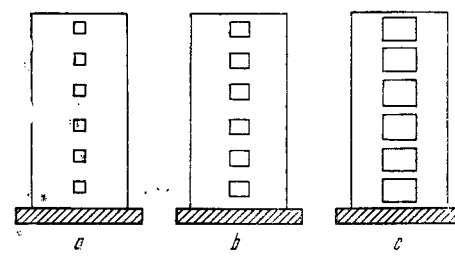


Fig. 16.2. Tipuri de diafragme cu goluri, în funcție de coeficientul de monolitism, α :
a - cu goluri mici, $\alpha > 10$; b - cu goluri mijlocii, $1 < \alpha \leq 10$; c - cu goluri mari, $\alpha \leq 1$.

Diafragmele cu goluri, din punctul de vedere al calculului, se pot caracteriza prin coeficientul de monolitism α și se pot clasifica, de exemplu în funcție de acesta, în :

- diafragme cu goluri mici, $\alpha > 10$ (fig. 16.2, a);
- diafragme cu goluri mijlocii, $1 < \alpha \leq 10$ (fig. 16.2, b);
- diafragme cu goluri mari, $\alpha \leq 1$ (fig. 16.2, c).

Coeficientul de monolitism α este un număr adimensional, care exprimă o rigiditate convențională a diafragmelor și este definit, în general, prin diferite relații. De exemplu, coeficientul de monolitism α se stabilește, pentru o diafragmă cu mai multe șiruri de goluri (fig. 16.3), cu relația :

$$\alpha = \left[\sqrt{\frac{6E_b}{Eh(I_1 + I_2 + \dots + I_n) \sum_{i=1}^n \frac{i_i c_i^2}{a_i^3}} \right] H = \omega H, \quad (16.1)$$

în care : $I_1 \dots I_n$ sint momentele de inerție ale lamelelor (șpaleților);

E — modulul de elasticitate al betonului din șpaleți;

$i_1 \dots i_{n-1}$ — momentele de inerție ale buiandrugilor;

E_b — modulul de elasticitate la încovoiere al betonului din buiandrugii.

Rezultă că coeficientul de monolitism α depinde de caracteristicile geometrice și mecanice ale elementelor ce alcătuiesc diafragma (șpaleți și buiandrugii), de geometria diafragmei și golurilor, ca și de rigiditatea elementelor structurale componente.

La diafragmele cu goluri mici, față de diafragmele pline, golurile nu modifică decît local starea de tensiuni, deci ele se calculează ca și diafragmele pline; se verifică în plus buiandrugii pentru ca să poată prelua eforturile de lunecare care apar între două goluri consecutive.

La diafragmele cu goluri mari, buiandrugii fișurează la legătura cu lamelele diafragmei, în acest fel ei asigurînd doar deplasarea egală sub acțiunea încărcărilor orizontale a tuturor lamelelor diafragmei (fig. 16.4).

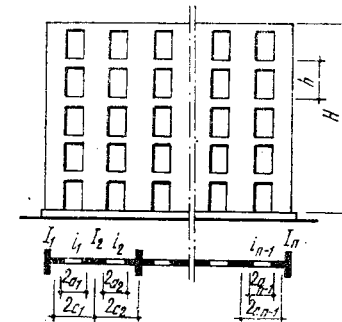


Fig. 16.3. Diafragmă cu mai multe șiruri de goluri; determinarea caracteristicilor geometrice.

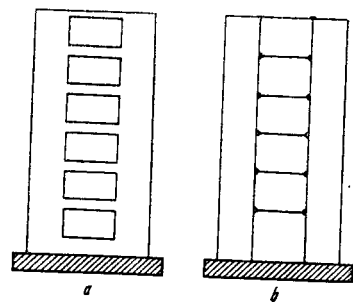


Fig. 16.4. Diafragmă cu goluri mari:
a - elevație; b - schema de calcul cu buiandrugii pendulari, articulați în spațeli.

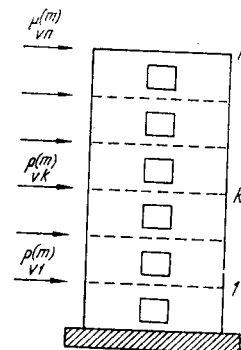


Fig. 16.5. Schema simplificată de calcul a diafragmei m cu goluri mijlocii și cu n niveluri, solicitată de forțe orizontale în dreptul planșelor.

La diafragmele cu goluri mijlocii, starea de tensiuni devine mult mai complexă, calculul acestor diafragme ridicând probleme cu totul deosebite.

Așa cum s-a arătat, încărcările orizontale se distribuie diafragmelor structurii, la fiecare nivel, pe baza rigidităților lor, deci fiecare diafragmă se consideră solicitată de încărcările de nivel care acționează asupra ei (fig. 16.5). Diafragma se va comporta ca un element în consolă solicitat la încărcări orizontale și verticale.

Soluționarea problemei care constă în determinarea tensiunilor se face aproximativ, acceptându-se anumite ipoteze simplificatoare de calcul:

- materialul din care este alcătuită diafragma se consideră omogen și perfect elastic (se admite valabilitatea legii lui Hooke);
- structura se consideră compusă dintr-o serie de console solicitate la încovoire, forfecare și eforturi axiale.

Plecând de la aceste ipoteze generale de calcul, în calculul diafragmelor au apărut o serie de metode mai mult sau mai puțin riguroase. Fără a intra în analiza tuturor acestor metode, mai ales în cazul diafragmelor cu goluri, în cele ce urmează se prezintă metodele cele mai des utilizate în practica de proiectare.

16.1.1. CALCULUL DIAFRAGMELOR PLINE

Diafragma plină se consideră ca o consolă încastrată la bază și solicitată de încărcările orizontale și verticale aferente (fig. 16.6).

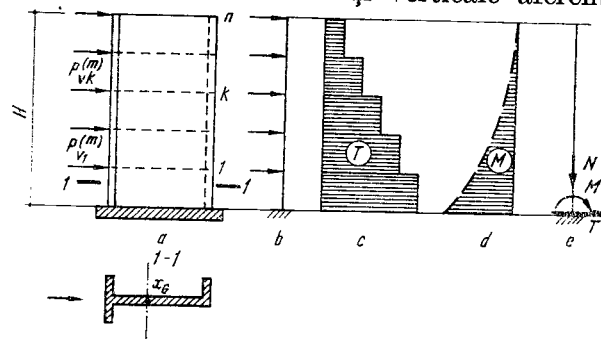


Fig. 16.6. Schema simplificată de calcul a unei diafragme pline:

a - elevația diafragmei solicitată de încărcări orizontale în dreptul planșelor; b - modelul mecanic (consolă încastrată în teren); c - variația forței tăietoare pe înălțimea diafragmei; d - diagrama de momente încovoietoare; e - starea de eforturi în punctul de încastrare datorită forțelor gravitaționale și orizontale.

16.1.2. CALCULUL DIAFRAGMELOR CU GOLURI

La diafragmele cu goluri, starea de tensiuni este perturbată de prezența golurilor care influențează atât prin amplasamentul cât și prin mărimea lor, raportată la mărimea plinurilor verticale (lamele) și a buiandrugilor (elemente de legătură dintre lamele). Fiind folosite pentru structurile clădirilor civile multietajate cu procese funcționale identice la toate nivelurile, de obicei diafragmele au golurile așezate în șiruri verticale. Dacă se păstrează pe înălțimea clădirii și proprietățile geometrice, diafragma se poate considera ca o structură monotonă.

Întrucât proprietățile elementelor componente ale diafragmei (lamele și buiandrugii) nu îndeplinesc condițiile care să permită asimilarea lor ca bare, metodele staticii sistemelor alcătuite din bare nu pot fi aplicate decât în mod izolat și oarecum forțat, după o adaptare corespunzătoare. Diafragmele cu goluri au o comportare oarecum intermediară între diafragme pline și cadre.

Dacă rigiditatea buiandrugilor este mare, se poate neglija prezența golurilor în calculul de ansamblu al secțiunii diafragmei. În acest caz, diafragmele cu goluri intră în categoria diafragmelor cu goluri mici (fig. 16.7, b) iar calculul lor se face ca și cel al diafragmelor pline.

Când rigiditatea buiandrugilor este mică, aceștia se pot neglija în calcule, buiandrugii servind doar ca elemente orizontale de legătură între lamelele verticale ale diafragmei (penduli). Este cazul diafragmelor cu goluri mari, când

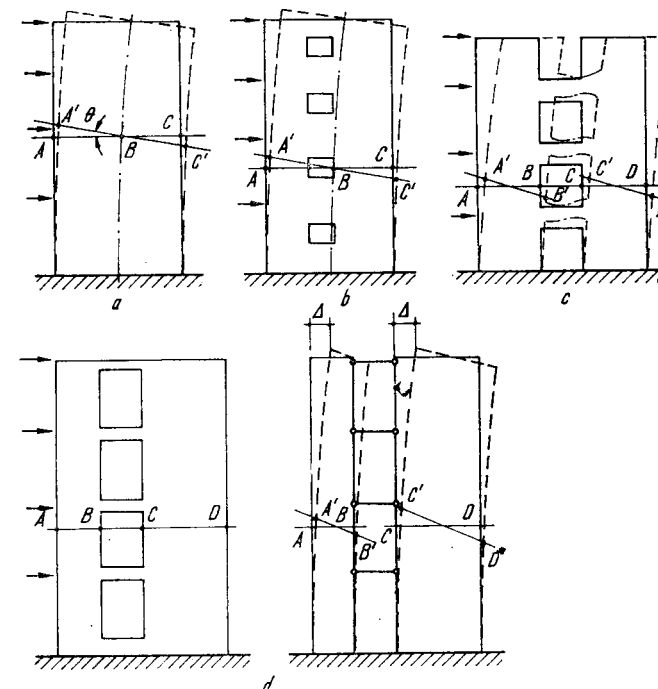


Fig. 16.7. Modul de deformare a principalelor tipuri de diafragme sub acțiunea forțelor orizontale, ținând seama de geometria și gradul lor de monolitism, în funcție de rigiditățile buiandrugilor și a lamelelor verticale:
a - diafragmă plină; b - diafragmă cu goluri mici; c - diafragmă cu goluri mijlocii; d - diafragmă cu goluri mari.

lamellele verticale lucrează independent, avînd însă deplasări egale în dreptul buiandrugilor, asigurate de către aceştia (fig. 16.7, d).

Dacă rigiditatea buiandrugilor este intermediară cazurilor arătate mai sus, în cazul diaframelor cu goluri mijlocii, lamellele verticale nu mai lucrează independent (rigiditatea buiandrugilor nu mai poate fi neglijată). În acest caz, diafragma nu mai poate fi calculată ca o diafragmă plină, golurile avînd o influență esențială asupra stării de tensiune în diafragmă (fig. 16.7, c).

Trebuie menționat, de asemenea, că structurile în diafragme, folosite la clădirile etajate prezintă o largă varietate de forme constructive (așezarea golurilor, variația rigidității pe verticală etc.). Ținînd seama de aceste aspecte, apare ca necesară clasificarea structurilor cu diafragme în două categorii sub aspectul metodelor obișnuite de calcul ce sînt utilizate:

- structuri de tip curent care intervin de regulă la clădirile de locuit etajate, la unele clădiri hoteliere, administrative și social-culturale, caracterizate printr-o dispunere adecvată a diaframelor fără variații mari de rigiditate de la un nivel la altul, prin goluri de uși și ferestre, amplasate practic la fel la toate nivelurile și solicitate de încărcări practic egale la toate nivelurile;

- structuri de tipuri speciale, care ies din cadrul conturat mai sus și care necesită un calcul prin metode analitice, bazate pe teoria elasticității.

Structurile care intervin cu cea mai mare frecvență la clădirile civile și în special la cele de locuit, sînt structurile de tip curent. Pentru aceste structuri prezintă interes metodele de calcul aproximativ, care permit determinarea eforturilor cu minimum de calcule, rămînînd ca pentru structurile de tip special să se apeleze la metode de calcul mai avansate (volum sporit de calcule, care practic poate fi efectuat doar cu ajutorul calculatoarelor electronice).

Metodele simplificate, care pornesc de la admiterea diaframelor pline sau cu goluri ca *structuri monotone* pe înălțimea clădirii, presupun următoarele ipoteze:

- caracteristicile geometrice și de material ale diaframelor sînt constante pe toată înălțimea construcției;
- înălțimile etajelor sînt egale;
- golurile sînt suprapuse și au aceleași dimensiuni la toate nivelurile;
- dimensiunile buiandrugilor sînt aceleași pe înălțimea clădirii;
- încărcările orizontale variază pe înălțimea construcției după o lege simplă (de exemplu distribuție uniformă pentru încărcarea din vînt și distribuție triunghiulară pentru încărcările seismice);

- șpaleții diaframelor au o lățime suficientă în comparație cu înălțimea etajului, încît eforturile localizate, transmise prin buiandrugii, să poată fi considerate ca repartizate în lungul fibrei mediane a acestora;

- buiandrugii au momentul de inerție mic în comparație cu momentele de inerție ale șpaleților;

- ipoteza lui Navier este valabilă numai în secțiunile transversale ale șpaleților luați individual, dar nu și pentru întreaga secțiune transversală a diafragmei;

- planșeele sînt indeformabile în planul lor, fiind deci capabile de a impune aceleași deplasări tuturor elementelor din care este alcătuită structura.

În condițiile arătate, încărcările orizontale repartizate fiecărei diagrame, păstrează legea de variație pe verticală admisă pentru încărcarea în ansamblu a clădirii și deci fiecare diafragmă poate fi calculată ca o structură monotona.

Dintre metodele de calcul simplificate și de complexitate medie cele mai utilizate sînt:

- metoda structurii continue echivalente;
- metoda cadrelor.

16.1.2.1. Metoda structurii continue echivalente. Este metoda fundamentată teoretic în lucrările lui Albigés-Goulet, cu formulări și prelucrări ulterioare date de R. Rosman, E. E. Trau, J. Despeyroux, M. Hangan, Mirșu-Vuc și alții.

Această metodă este generalizată de J. Despeyroux și V. Guillot putînd fi aplicată pentru cazul diaframelor cu mai multe șiruri de goluri și cu o distribuție oarecare a încărcărilor orizontale. Metoda este generalizată și pentru diafragmele care prezintă schimbări de caracteristici geometrice la diferite niveluri și goluri de mărimi diferite (fig. 16.8).

Principiul metodei constă în a înlocui diafragma cu goluri prin console elementare legate, în locul buiandrugilor caracterizați ca legături discrete (fig. 16.9, b), prin legături continue (fig. 16.9, c) în care apar eforturi tangențiale distribuite pe înălțimea lamellelor (fig. 16.9, d).

Scriind ecuațiile de echilibru static și de compatibilitate a deformațiilor, se obține un sistem de ecuații diferențiale prin a cărui rezolvare se determină valorile eforturilor de lunecare $\tau_r(x)$. Efortul de lunecare într-un buiandrug r situat la cota x este dat de relația:

$$L_{r,bx} = \tau_r(x) h, \quad (16.2)$$

unde h este înălțimea nivelului de la cota x .

Dacă se notează cu $M(x)$ și $T(x)$ momentul încovoietor, respectiv forța tăietoare pe ansamblul diafragmei la cota x (fig. 16.10), eforturile secționale (mo-

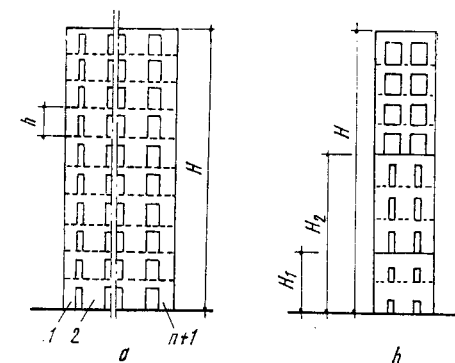


Fig. 16.8. Diafragme cu goluri:

a - cu mai multe șiruri de goluri de mărimi diferite;
b - cu geometria golurilor și grosimea diafragmei diferită pe niveluri; 1...n+1 - lamele verticale.

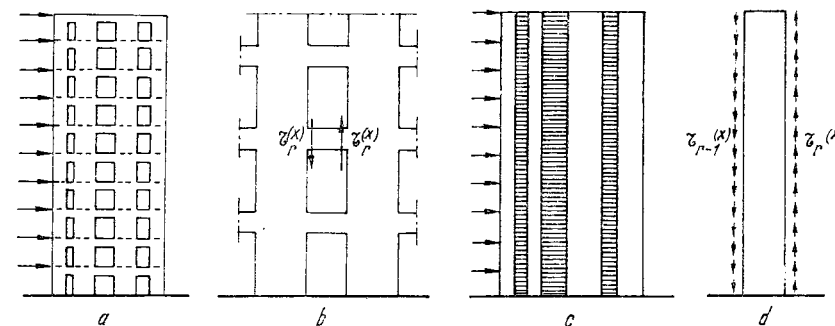


Fig. 16.9. Principiul metodei de calcul a structurilor continue echivalente, după Despeyroux și Guillot, pentru diafragme cu goluri mijlocii:

a - elevația diafragmei; b - eforturi unitare tangențiale din lunecare, în buiandrugii considerați ca legături discrete; c - elevația diafragmei cu legături continue între lamele; d - eforturi unitare tangențiale în lungul lamellelor considerate drept console elementare.

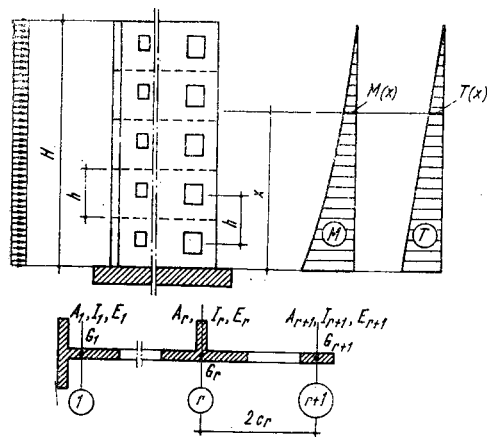


Fig. 16.10. Stabilirea eforturilor sectionale (moment încovoietor și forță tăietoare) în lamelele unei diafragme cu goluri (după Despeyroux și Guillot).

mentul încovoietor, forța tăietoare și forța axială în lamela r a diafragmei, la cota x , sînt date de relațiile:

$$M_r(x) = \frac{E_r I_r}{\sum E_s I_s} \left[M(x) - \sum 2c_r \int_x^H \tau_r(x) dx \right]; \quad (16.3)$$

$$T_r(x) = \frac{d}{dx} M_r(x) = \frac{E_r I_r}{\sum E_s I_s} [T(x) + \sum 2c_r \tau_r(x)]; \quad (16.4)$$

$$N_r(x) = \int_x^H [\tau_r(x) - \tau_{r-1}(x)] dx. \quad (16.5)$$

Metoda se pretează la stabilirea unor programe de calcul la calculator.

Plecînd de la această metodă, pentru cazurile curente din proiectare, prin introducerea unor ipoteze simplificatoare de calcul s-a ajuns la o metodă care poate fi aplicată cu succes în proiectare prin utilizarea unor abace de calcul (fig. 16.11; 16.12; 16.13 și 16.14). Ipotezele simplificatoare care se admit sînt:

- deformațiile din eforturi normale în buiandrugi sînt neglijabile în raport cu deplasările orizontale ale elementelor diafragmei (lamelelor) la același nivel;
- lamelele diafragmei sînt considerate încastrate la baza lor;
- clădirea este relativ înaltă;
- caracteristicile geometrice ale buiandrugilor și ale elementelor diafragmei sînt constante pe înălțimea clădirii; pot varia de la un rînd de buiandrugi la altul și de la un element al diafragmei la altul;
- încărcările verticale considerate că se aplică simultan sînt uniform repartizate pe înălțimea diafragmei și aplicate cu excentricitate constantă;
- încărcările orizontale sînt considerate constante pe înălțimea diafragmei (deci, încărcări din acțiunea vîntului).

În cazul general, se pot scrie expresiile eforturilor de lunecare în buiandrugi, respectiv a momentului încovoietor, forței tăietoare și a forței axiale în lamelele diafragmei folosind următoarele notații:

- v este numărul lamelelor diafragmei, numerotate de la 1 la $v + 1$;
- i — numărul de ordine al lamelei curente, respectiv numărul de ordine al șirului de buiandrugi situat între lamela i și lamela $i + 1$;
- $2a_i$ — lungimea buiandrugului i situată între punctele de încastrare în lamelele alăturate (fig. 16.15);
- $2c_i$ — distanța între centrele de greutate a două lamele consecutive (fig. 16.15);
- b_i — distanța de la centrul de greutate al lamelei i pînă la punctul de încastrare al buiandrugului i (fig. 16.15);

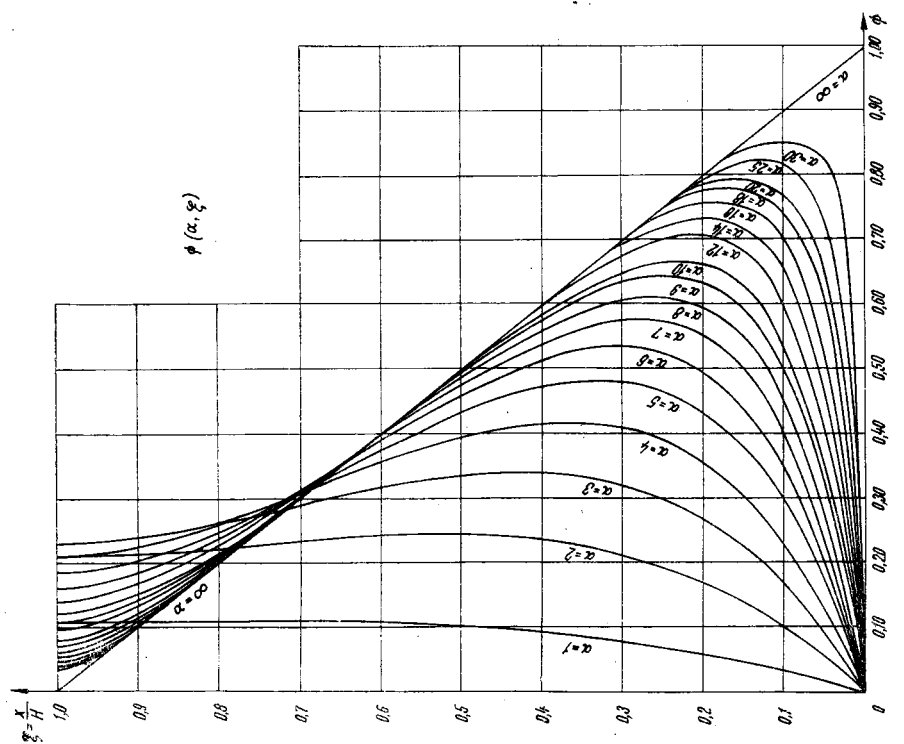


Fig. 16.11. Abacă pentru stabilirea funcției $\phi(\alpha, \xi)$ la calculul diafragmelor cu goluri (după Despeyroux și Guillot).

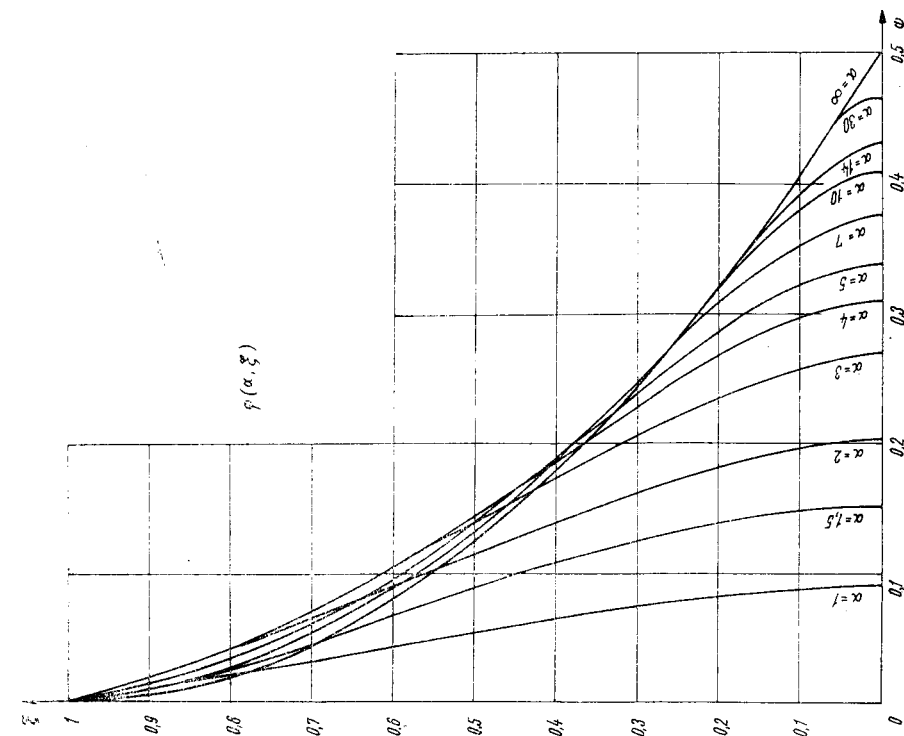


Fig. 16.12. Abacă pentru stabilirea funcției $\psi(\alpha, \xi)$ la calculul diafragmelor cu goluri (după Despeyroux și Guillot).

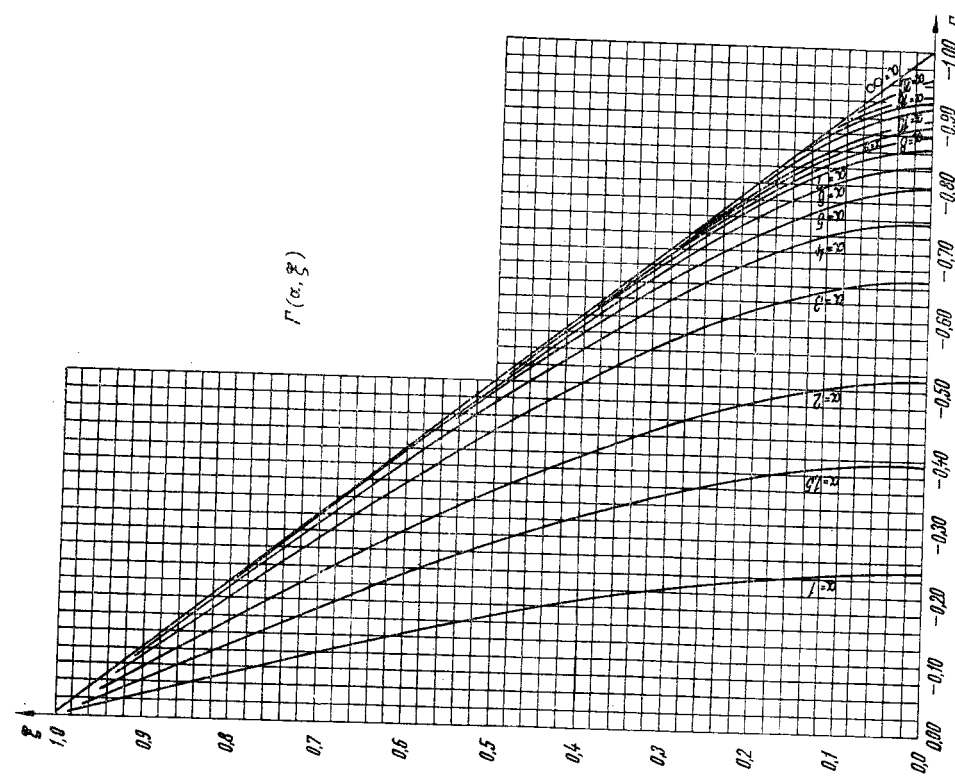


Fig. 16.13. Abacă pentru stabilirea funcției $\Gamma(\alpha, \xi)$ la calculul diafragmelor cu goluri (după Despeyroux și Guillo).

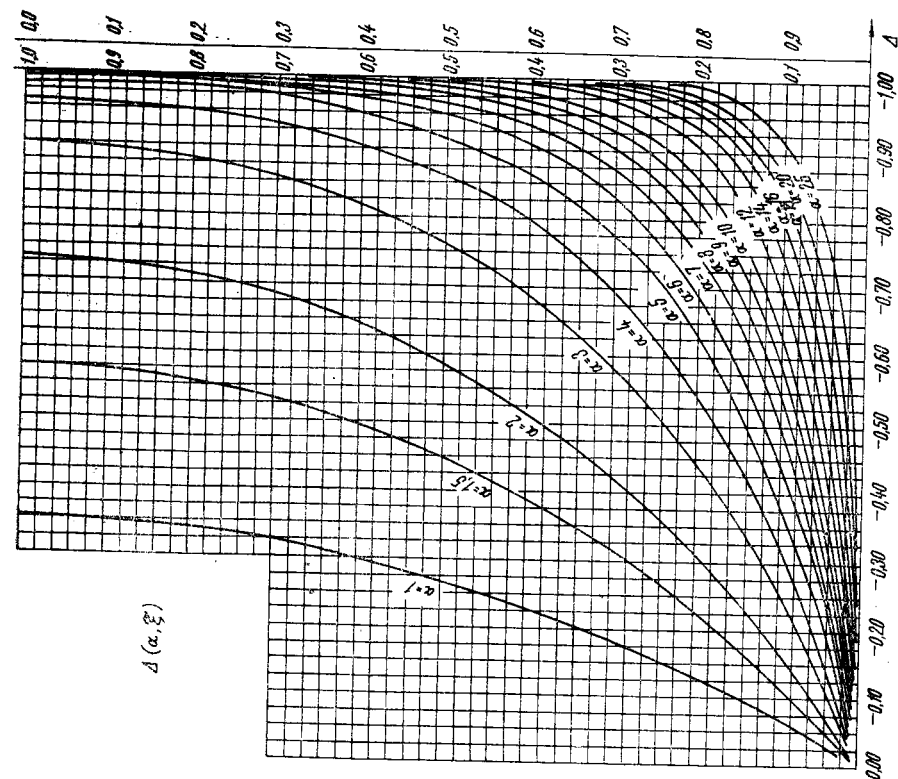


Fig. 16.14. Abacă pentru stabilirea funcției $\Delta(\alpha, \xi)$ la calculul diafragmelor cu goluri (după Despeyroux și Guillo).

- G_i — este poziția centrului de greutate al lamelei i ;
- G_o — poziția centrului de greutate al întregii diafragme;
- I_i — momentul de inerție al lamelei i ;
- A_i — aria lamelei i ;
- I_o — suma momentelor de inerție ale tuturor lamelor egală cu $I_1 + I_2 + \dots + I_i + \dots + I_{v+1}$;
- I — momentul de inerție total al diafragmei în raport cu centrul de greutate al întregii diafragme;
- J_i — momentul de inerție al buiandrugului din șirul i ;
- S_i — momentul static al lamelei i , în raport cu centrul de greutate al întregii diafragme;
- n_i — încărcarea verticală dată de un nivel pentru lamela i ;
- e_i — excentricitatea lui n_i , (pozitivă dacă punctul de acțiune al lui n_i este la dreapta centrului de greutate al lamelei);
- E — modulul de elasticitate al elementelor diafragmei (lamelor);
- E' — modulul de elasticitate al buiandrugilor;
- $d_i = \sqrt{J_i / h a_i}$;
- α_i — factorul de rigiditate egal cu $H \sqrt{\frac{3E'}{2E}} \lambda_i = \omega H$;
- $F_i = \frac{n_{i+1}}{A_{i+1}} - \frac{n_i}{A_i}$;
- T_o — forța tăietoare la baza diafragmei;
- matricea $A = \frac{1}{I_o} d c [[1] + I_o c^{-1} \theta c^{-1}] c d$. Valorile proprii ale acestei matrice sînt λ_j , cărora le corespund vectorii proprii V_j , ortonormați.
- Semnificația termenilor din matricea A este:
- c este matricea diagonală a lui c_i ;
- d — matricea diagonală a lui d_i ;

$$\theta = \begin{bmatrix} \frac{1}{A_1} + \frac{1}{A_2} & -\frac{1}{A_2} & 0 & 0 & \dots & 0 \\ -\frac{1}{A_2} & \frac{1}{A_2} + \frac{1}{A_3} & -\frac{1}{A_3} & 0 & \dots & 0 \\ 0 & -\frac{1}{A_3} & \frac{1}{A_3} + \frac{1}{A_4} & -\frac{1}{A_4} & 0 & \dots & 0 \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ 0 & \dots & \dots & \dots & 0 & -\frac{1}{A_v} & \frac{1}{A_v} + \frac{1}{A_{v+1}} \end{bmatrix}$$

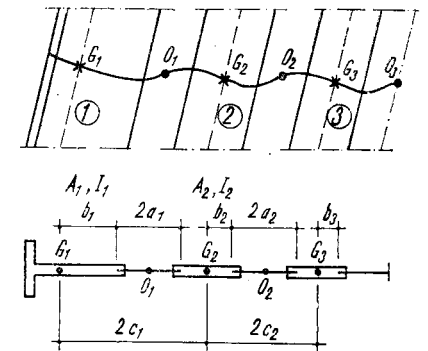


Fig. 16.15. Caracteristicile geometrice ale diafragmelor cu goluri, necesare determinării eforturilor de lunecare în buiandrug, respectiv a momentului încovoietor și a forței axiale în lamelele diafragmei (după Despeyroux și Guillo).

Lunecarea în şirul de buiandrugi i este dată de expresia :

$$L_i = \sum_j A_{ij} \Delta(\alpha_j, \xi) + \sum_j B_{ij} [h T_o \Phi(\alpha_j, \xi), \quad (16.6)$$

în care :

$$A_{ij} = d_i V_{ij} \left[\frac{\sum_{k=1}^n V_{kj} d_k F_k}{\lambda_j} - ne \sum_{k=1}^n \frac{V_{kj} S_k}{d_k I} \right];$$

$$B_{ij} = d_i V_{ij} \sum_{k=1}^n \frac{V_{kj} S_k}{d_k I}.$$

Momentul încovoietor în lamela i a diafragmei este dat de expresia :

$$M_i = \frac{I_i}{I_o} \frac{H}{h} \left\{ h T_o \frac{(1-\xi)^2}{2} + ne(1-\xi) - \left[\sum_j A'_j \Gamma(\alpha_j, \xi) - \sum_j B'_j h T_o \psi(\alpha_j, \xi) \right] \right\}, \quad (16.7)$$

în care :

$$A'_j = \sum_k c_k A_{kj};$$

$$B'_j = \sum_k c_k B_{kj}.$$

Dacă buiandrugii au un moment de inerție redus sau sînt articulați la extremitățile lor, momentul încovoietor în lamela i a diafragmei este dat de relația :

$$M_i = \frac{I_i}{I_o} \frac{H}{h} \left[h T_o \frac{(1-\xi)^2}{2} + ne(1-\xi) \right]. \quad (16.8)$$

Forța tăietoare în lamela i a diafragmei este :

$$T_i = \frac{I_i}{I_o} \left(T_o + \frac{ne}{h} \right) - \frac{n_i e_i}{h} + \sum_j t_{ij} \Delta(\alpha_j, \xi) + \sum_j t'_{ij} T_o \Phi(\alpha_j, \xi), \quad (16.9)$$

în care :

$$t_{ij} = -\frac{I_i}{I_o} \frac{A'_{ij}}{h} + C'_{ij};$$

$$t'_{ij} = -\frac{I_i}{I_o} B'_j + D'_{ij};$$

$$C'_{ij} = \frac{1}{h} [b_i A_{ij} + (c_{i-1} - b_{i-1}) A_{i-1,j}];$$

$$D'_{ij} = b_i B_{ij} + (c_{i-1} - b_{i-1}) B_{i-1,j}.$$

Efortul normal în lamela i a diafragmei este :

$$N_i = \frac{H}{h} \left[n_i (1-\xi) - \sum_{j=1}^n C_{ij} \Gamma(\alpha_j, \xi) + D_{ij} h T_o \psi(\alpha_j, \xi) \right], \quad (6.10)$$

în care :

$$C_{ij} = A_{ij} - A_{i-1,j}, \quad \text{pentru } j = 1, n \text{ și } i = 2, n.$$

$$D_{ij} = B_{ij} - B_{i-1,j}$$

16.1.2.1.1. Particularizarea relațiilor pentru diafragme cu un singur şir de goluri. La diafragmele cu un singur şir de goluri, relațiile stabilite la punctul 16.1.2.1. devin :

$$d^2 = \frac{J}{ha^3}; \quad S = \frac{c}{\frac{1}{A_1} + \frac{1}{A_2}};$$

$$F = \frac{n_2 - n_1}{A_2 - A_1}; \quad I_o = I_1 + I_2;$$

$$ne = n_1 e_1 + n_2 e_2; \quad I = I_o + 2cS;$$

$$\lambda = \frac{Jc^2}{ha^3 I_o} \frac{I}{Sc};$$

$$\omega^2 = \frac{3E'JcI}{2EI_o ha^3 S}; \quad \alpha = \omega H.$$

Lunecarea în buiandrugi se stabilește cu relația :

$$L = \frac{S}{I} \left\{ h T_o \Phi(\alpha, \xi) + \left[\frac{I_o}{c} \left(\frac{n_2}{A_2} - \frac{n_1}{A_1} \right) - n_1 e_1 - n_2 e_2 \right] \Delta(\alpha, \xi) \right\}. \quad (16.11)$$

Dacă se neglijează influența forței axiale în relația (16.11) rezultă :

$$L = h T_o \frac{S}{I} \Phi(\alpha, \xi). \quad (16.12)$$

Relația (16.12) este similară cu cea dată de Albigés și Goulet pentru stabilirea valorii eforturilor de lunecare din buiandrugi.

$$\text{Notînd : } A' = cA = \frac{cS}{I} \left(I_o \frac{F}{c} - ne \right);$$

$$B' = cB = \frac{cS}{I},$$

se obțin valorile momentelor în cele două lamele ale diafragmei :

$$M_i = \frac{I_i}{I_o} \frac{H}{h} \left[h T_o \frac{(1 - \xi)^2}{2} + ne(1 - \xi) - A' \Gamma(\alpha, \xi) - h T_o B' \psi(\alpha, \xi) \right] \quad (16.13)$$

pentru $i = 1, 2$.

În același mod se procedează și pentru determinarea forțelor tăietoare și axiale.

16.1.2.1.2. *Particularizarea relațiilor pentru diafragme cu două șiruri de goluri.* La diafragmele cu două șiruri de goluri parametrii geometricei sînt :

$$I_0 = I_1 + I_2 + I_3;$$

$$A_0 = A_1 + A_2 + A_3.$$

Distanța de la G_0 la G_1 este dată de relația :

$$D = [c_1 A_2 + (c_1 + c_2) A_3] / A_0.$$

Componentele vectorului moment static S sînt :

$$S_1 = D A_1;$$

$$S_2 = S_1 + (D - c_1) A_2,$$

iar momentul de inerție are valoarea :

$$I = I_0 + c_1 S_1 + c_2 S_2.$$

Alți parametri utilizați sînt :

$$d_1^2 = \frac{J_1}{h d_1^3}; d_2^2 = \frac{J_2}{h d_2^3}; F_1 = \frac{n_2}{A_2} - \frac{n_1}{A_1}; F_2 = \frac{n_3}{A_3} - \frac{n_2}{A_2};$$

$$ne = n_1 e_1 + n_2 e_2 + n_3 e_3.$$

Matricea A este :

$$A = \begin{bmatrix} d_1^2 \left(\frac{c_1^2}{I_o} + \frac{1}{A_1} + \frac{1}{A_2} \right) & d_1 d_2 \left(\frac{c_1 c_2}{I_o} - \frac{1}{A_2} \right) \\ d_1 d_2 \left(\frac{c_1 c_2}{I_o} - \frac{1}{A_2} \right) & d_2^2 \left(\frac{c_2^2}{I_o} + \frac{1}{A_1} + \frac{1}{A_2} \right) \end{bmatrix}$$

Ecuția valorilor proprii este :

$$\Phi(\lambda) = \lambda^2 - \lambda \left[d_1^2 \left(\frac{c_1^2}{I_o} + \frac{1}{A_1} + \frac{1}{A_2} \right) + d_2^2 \left(\frac{c_2^2}{I_o} + \frac{1}{A_2} + \frac{1}{A_3} \right) + d_1^2 d_2^2 \left(\frac{c_1^2}{I_o A_3} + \frac{(c_1 + c_2)^2}{I_o A_2} + \frac{c_2^2}{I_o A_1} + \frac{1}{A_1 A_2} + \frac{1}{A_2 A_3} + \frac{1}{A_3 A_1} \right) \right].$$

Factorii de rigiditate α_1 și α_2 sînt dați de expresiile :

$$\alpha_1^2 = \frac{3E'}{2E} H^2 \lambda_1;$$

$$\alpha_2^2 = \frac{3E'}{2E} H^2 \lambda_2.$$

Vectorii proprii sînt :

$$V_{1,1} = \frac{X_1}{\sqrt{X_1^2 + Y_1^2}}; V_{1,2} = \frac{X_2}{\sqrt{X_2^2 + Y_2^2}};$$

$$V_{2,1} = \frac{Y_1}{\sqrt{X_1^2 + Y_1^2}}; V_{2,2} = \frac{Y_2}{\sqrt{X_2^2 + Y_2^2}},$$

în care :

$$X_1 = d_2 \left[\frac{1}{A_2} - \frac{c_1 c_2}{I_o} \right];$$

$$Y_1 = d_1 \left[\frac{c_1^2}{I_o} \left(1 - \frac{\lambda_1 I_o}{d_1^2 c_1^2} \right) + \frac{1}{A_1} + \frac{1}{A_2} \right];$$

$$X_2 = d_2 \left[\frac{c_2^2}{I_o} \left(1 - \frac{\lambda_2 I_o}{d_2^2 c_2^2} \right) + \frac{1}{A_2} + \frac{1}{A_3} \right];$$

$$Y_2 = d_1 \left[\frac{1}{A_2} - \frac{c_1 c_2}{I_o} \right].$$

Cu aceste precizări, eforturile de lunecare în cele două șiruri de buiandrugi sînt date de relația :

$$L_i = d_i V_{i,1} \frac{\Delta(\alpha_1, \xi)}{\lambda_1} [V_{1,1} d_1 F_1 + V_{2,1} d_2 F_2] + d_i V_{i,2} \frac{\Delta(\alpha_2, \xi)}{\lambda_2} [V_{1,2} d_1 F_1 + V_{2,2} d_2 F_2] + d_i V_{i,1} [h T_o \Phi(\alpha_1, \xi) - ne \Delta(\alpha_1, \xi)] \left[\frac{V_{1,1}}{d_1} \frac{S_1}{I} + \frac{V_{2,1}}{d_2} \frac{S_2}{I} \right] + d_i V_{i,2} [h T_o \Phi(\alpha_2, \xi) - ne \Delta(\alpha_2, \xi)] \left[\frac{V_{1,2}}{d_1} \frac{S_1}{I} + \frac{V_{2,2}}{d_2} \frac{S_2}{I} \right] \quad (16.14)$$

pentru $i = 1, 2$.

Notînd :

$$A'_i = c_1 A_{1,1} + c_2 A_{2,1} = [c_1 d_1 V_{1,1} + c_2 d_2 V_{2,1}].$$

$$\left[\frac{V_{1,1} d_1 F_1 + V_{2,1} d_2 F_2 + V_{3,1} d_3 F_3}{\lambda_1} - ne \left(V_{1,1} \frac{S_1}{d_1 I} + V_{2,1} \frac{S_2}{d_2 I} + V_{3,1} \frac{S_3}{d_3 I} \right) \right];$$

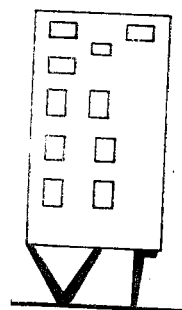


Fig. 16.16. Clădire cu parter flexibil.

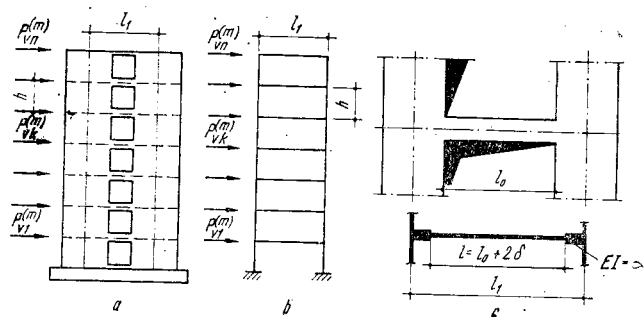


Fig. 16.17. Schematizarea diafragmelor cu șiruri suprapuse de goluri în metoda cadrelor etajate:
a - diafragmă cu goluri, încărcată de forțe orizontale în dreptul planșelor;
b - cadrul etajat echivalent; c - variația rigidității riglelor cadrului echivalent.

$$A'_2 = c_1 A_{1,2} + c_2 A_{2,2} = [c_1 d_1 V_{1,2} + c_2 d_2 V_{2,2}];$$

$$\left[\frac{V_{1,2} d_1 F_1 + V_{2,2} d_2 F_2 - V_{3,2} d_3 F_3}{\lambda_2} - n e \left(V_{1,2} \frac{S_1}{d_1 I} + V_{2,2} \frac{S_2}{d_2 I} + V_{3,2} \frac{S_3}{d_3 I} \right) \right];$$

$$B'_1 = c_1 B_{1,1} + c_2 B_{2,1} = (c_1 d_1 V_{1,1} + c_2 d_2 V_{2,1}) \left(V_{1,1} \frac{S_1}{d_1 I} + V_{2,1} \frac{S_2}{d_2 I} + V_{3,1} \frac{S_3}{d_3 I} \right);$$

$$B'_2 = c_1 B_{1,2} + c_2 B_{2,2} = (c_1 d_1 V_{1,2} + c_2 d_2 V_{2,2}) \left(V_{1,2} \frac{S_1}{d_1 I} + V_{2,2} \frac{S_2}{d_2 I} + V_{3,2} \frac{S_3}{d_3 I} \right);$$

expresia momentelor în lamelele diafragmelor este:

$$M_i = \frac{I_i H}{I_0 h} \left[h T_0 \frac{(1-\xi)^2}{2} + n e (1-\xi) + \sum_{j=1}^3 A'_j \Gamma(\alpha_j, \xi) + h T_0 \sum_{j=1}^3 B'_j \psi(\alpha_j, \xi) \right]. \quad (16.15)$$

Abacele pentru funcțiile $\Phi(\alpha, \xi)$, $\psi(\alpha, \xi)$, $\Gamma(\alpha, \xi)$ și $\Delta(\alpha, \xi)$ sînt prezentate în figurile 16.11, 16.12, 16.13 și 16.14.

Metoda structurii continue echivalente a fost extinsă și asupra diafragmelor clădirilor cu parter flexibil (fig. 16.16); relațiile de calcul sînt date de aceiași autori, J. Despeyroux și V. Guilloit.

16.1.2.2. Metoda cadrelor. În această metodă, diafragmele cu șiruri suprapuse de goluri se consideră în calcul ca niște cadre etajate (fig. 16.17). Această metodă aproximativă de calcul nu se aplică clădirilor cu mai mult de 11 niveluri, construcțiilor cu disimetrii pronunțate, clădirilor cu fluctuații importante în distribuția rigidităților de la un nivel la altul și clădirilor cu parter flexibil.

Pentru diafragmele monotone cu un șir de goluri așezate în axa de simetrie, calculul se face ca pentru un cadru etajat, simetric (v. fig. 16.17).

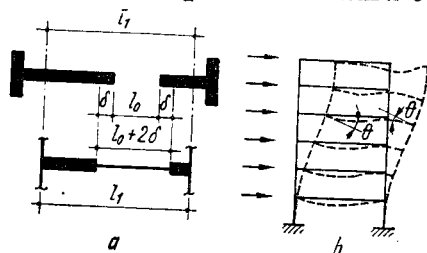
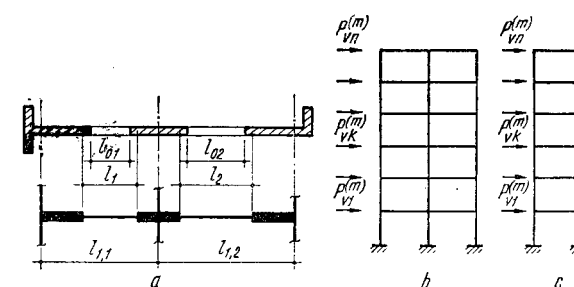


Fig. 16.18. Metoda cadrului înlocuitor pentru diafragme nesimetrice cu un șir de goluri:

a - secțiunea și schema mecanică a diafragmei;
b - ipoteza egalității rotirilor nodurilor la nivelul fiecărei rigle.

Fig. 16.19. Metoda cadrului înlocuitor pentru diafragme cu mai multe șiruri de goluri:

a - secțiunea și schema mecanică a diafragmei;
b - cadrul echivalent; c - cadrul înlocuitor.



Pentru diafragmele nesimetrice cu un șir de goluri (fig. 16.18, a) se folosește metoda *cadrului înlocuitor*, în care se consideră că la nivelul fiecărei rigle, rotațiile θ ale nodurilor sînt egale (fig. 16.18, b). Avînd la bază această aproximație care nu se îndepărtează prea mult de realitate, cadrul real se poate înlocui cu un cadru simetric echivalent.

Pentru diafragmele cu mai multe șiruri de goluri (fig. 16.19, a), se utilizează pentru calcul tot metoda cadrului înlocuitor, în care cadrul real cu mai multe deschideri se înlocuiește printr-un cadru simetric cu o singură deschidere, în care rigiditatea riglei se consideră suma rigidităților tuturor buiandrugilor, iar rigiditatea stîlpilor, semisuma rigidităților tuturor lamelelor (fig. 16.19, b).

Fiind deja precizată schema de calcul, problema se transformă într-o problemă de statica sistemelor în bare nedeterminate. Rezolvarea se poate face prin metodele generale ale staticii construcțiilor sau printr-un procedeu iterativ. Cel mai eficient pentru rezolvare este procedeul distorsiunilor, care asigură cea mai rapidă convergență.

16.2. CALCULUL DIAFRAGMELOR DIN BETON ARMAT MONOLIT

După cum s-a arătat, clădirile cu structura în diafragme prezintă o conlucrare spațială la acțiunea forțelor orizontale. Întrucît calculul exact al unei asemenea structuri este extrem de complicat, aceasta se descompune în elemente separate, după fiecare direcție, care conlucrează cu elementele de pe cealaltă direcție (fig. 16.20).

Conlucrarea tălpilor cu inima este o problemă care nu și-a găsit o rezolvare corespunzătoare. În această problemă, dealtfel și datele din literatura străină de specialitate sînt fie incomplete, fie foarte diferite, lipsind o fundamentare concludentă teoretică și în special, experimentală. Se recomandă de exemplu ca lățimea tălpilor să se ia egală cu lățimea reală dintre goluri, dar nu mai mult decît $3b$ de fiecare parte a inimii (v. fig. 16.20, a).

Odată determinate eforturile secționale M , N , T se trece la calculul tensiunilor care se face în ipoteza unui material omogen și elastic.

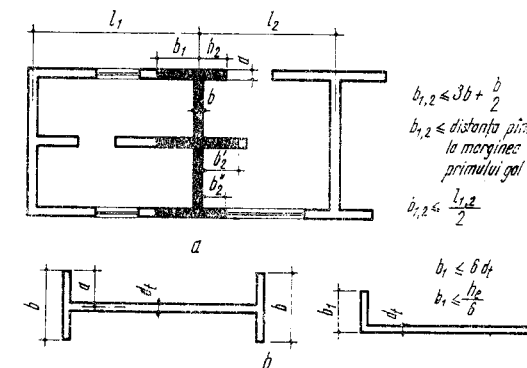


Fig. 16.20. Indicații pentru stabilirea secțiunii active a diafragmelor la acțiunea forțelor orizontale:
a - pentru diafragme de beton armat; b - pentru diafragme de zidărie.

16.2.1. DIMENSIONAREA ȘI VERIFICAREA LAMELELOR VERTICALE

Dimensionarea sau verificarea lamelor verticale se face ca pentru un element solicitat la compresiune excentrică, tensiunile normale σ determinându-se cu relația:

$$\sigma = \frac{N}{A} \pm \frac{M}{W}. \quad (16.16)$$

Este necesar a se lua în considerare toate situațiile care pot interveni, pentru ca dimensionarea sau verificarea să se facă în situația cea mai defavorabilă (fig. 16.21).

Verificarea la compresiune se face luând o fișie de lungime egală cu un metru, din zona cea mai comprimată a secțiunii, considerând-o solicitată la compresiune centrică de o forță egală cu rezultanta tensiunilor unitare de pe fișia considerată. În acest caz, efortul axial pentru care se face verificarea este dat de relația (v. fig. 16.21, c):

$$N_c = \frac{\sigma_1 + \sigma_1'}{2} b d' + \frac{\sigma_1'' + \sigma_1'''}{2} d (100 - d'). \quad (16.17)$$

Calculul la compresiune centrică se face conform STAS 10 102-75, cu luarea în considerare a flexibilității inimii prin coeficientul de flambaj. Referitor la valoarea lungimii de flambaj, încă nu există o unitate de vederi, literatura de specialitate prezentând valori foarte diferite. În DIN 1045 sînt prescrise valorile date în figura 16.22.

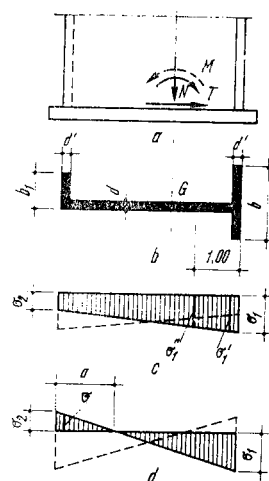


Fig. 16.21. Starea de tensiuni normale la baza diafragmei sub acțiunea eforturilor M , T și N (momentul M poate acționa într-un sens sau în altul):

a - elevația diafragmei solicitată la bază de eforturile N , M și T ; b - secțiune prin diafragmă; c - diagrama de eforturi unitare cînd apar numai tensiuni de compresiune; d - diagrama de eforturi unitare cînd apar și tensiuni de întindere.

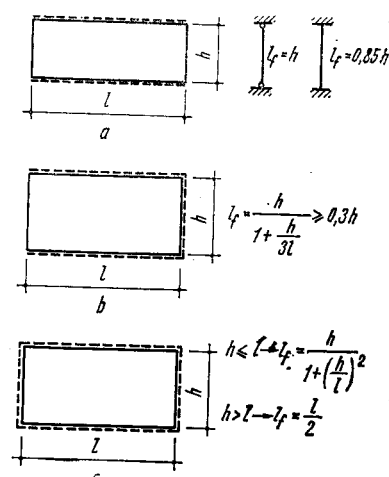


Fig. 16.22. Considerarea lungimii de flambaj pentru diafragme cu marginile verticale:

- libere; b - o margine fixată; c - ambele margini fixate.

Dimensionarea armăturilor întinse, în lipsa unor date experimentale care să justifice calculul diafragmelor ca secțiuni de beton solicitate de compresiune excentrică, se face printr-un calcul simplificat în care se prevede ca întregul volum al tensiunilor de întindere să fie preluat de armătură (v. fig. 16.21, d):

$$N_t = b_1 d' \frac{\sigma_2 + \sigma_2'}{2} (a - d') \frac{\sigma_2'}{2}. \quad (16.18)$$

Calculul tensiunilor tangențiale se face cu formula lui Jurawsky:

$$\tau = \frac{TS}{bI}. \quad (16.19)$$

În cazul secțiunilor compuse este necesară și o verificare la tensiuni principale:

$$\sigma_1 = \frac{\sigma}{2} + \sqrt{\left(\frac{\sigma}{2}\right)^2 + \tau^2}. \quad (16.20)$$

16.2.2. DIMENSIONAREA BUIANDRUGILOR

Eforturile de lunecare în buiandrugii fiind determinate, se determină eforturile secționale cu relațiile:

$$T_b = L_b; \quad (16.21)$$

$$M_b = L_b a, \quad (16.22)$$

în care a este semideschiderea de calcul a buiandrugului:

$$a = \frac{l_0}{2} + \delta. \quad (16.23)$$

Referitor la valoarea δ încă nu există o unitate de vederi, literatura de specialitate prezentând valori foarte diferite.

În calcule se ține seama de reducerea de rigiditate a buiandrugilor, datorită fisurării betonului din zona întinsă prin micșorarea modului de elasticitate la valoarea $0,15 E$.

Dimensionarea efectivă a buiandrugilor, o dată cunoscute valorile eforturilor secționale, se face ca pentru o grindă din beton armat.

Întrucît nu toate fenomenele care apar pot fi prinse în relații de calcul și luate în considerare la alcătuirea și armarea diafragmelor, pe baza observațiilor asupra modului de lucru al diafragmelor executate, a încercărilor experimentale și a experienței de proiectare și execuție, se prevăd anumite măsuri constructive atît în ceea ce privește alcătuirea cît și armarea diafragmelor. În țara noastră, aceste măsuri sînt cuprinse în instrucțiunile tehnice elaborate în acest sens.

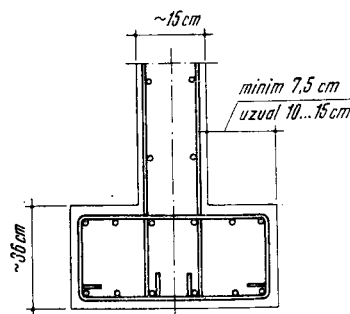


Fig. 16.23. Detaliu de bulb.

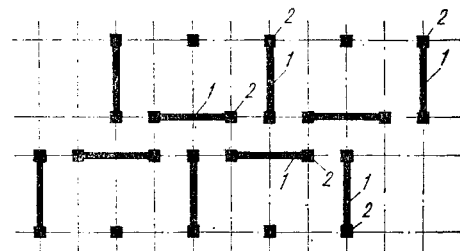


Fig. 16.24. Schema unei clădiri cu structura de rezistență din diafragme rigidizate la capete cu bulbi:

1 - diafragmă; 2 - bulb.

Preluarea eforturilor axiale concentrate (de întindere și compresiune) la capetele secțiunii diafragmelor sub acțiunea forțelor orizontale, ca și înlăturarea flambajului lateral sau a voalării în planul diafragmelor, necesită îngroșarea zonelor de capăt sub formă de bulbi care măresc în mod obișnuit momentul de inerție în această zonă. În acest scop, bulbii se frează cu etrieri deși, iar armătura din peretele-diafragmă se continuă în bulbi constituind o fretare suplimentară, ceea ce îmbunătățește ductilitatea diafragmei și comportarea sa în domeniul inelastic (fig. 16.23). În cazul structurilor cu diafragme, sporirea rigidității și stabilității la forțe orizontale trebuie analizată atent pentru clădirile înalte, ținând seama de direcțiile de acțiune a forțelor orizontale. În figura 16.24 se prezintă schița unei structuri cu diafragme rigidizate cu bulbi la capete, dispuse după cele două direcții ortogonale ale structurii.

16.3. CALCULUL DIAFRAMELOR DIN ELEMENTE PREFABRICATE DE BETON ARMAT—PANOURI MARI

Clădirile din panouri mari sînt alcătuite din diafragme verticale (transversale și longitudinale) și orizontale, care se intersectează, de obicei, ortogonal, îmbinate între ele în așa fel încît să formeze un sistem spațial rigid (fig. 16.25). A considera în calcule clădirea ca un sistem spațial rigid nu este justificat în practica curentă de proiectare, întrucît aceasta conduce la calcule extrem de complicate. De aceea, în calculele curente din proiectare se introduce ipoteza simplificatoare de calcul, conform căreia clădirea se descompune într-o serie de diafragme independente, care conlucrează între ele, conducînd la secțiuni de formă compusă (I , E , F etc.). Deci, structura din panouri se consideră ca o structură în diafragme din beton armat monolit, în care diafragmele verticale sînt asimilate cu grinzi-consolă încastrate la nivelul fundației sau a planșeului peste subsol (cînd subsolul este suficient de rigid), iar diafragmele orizontale (planșeele) sînt asimilate ca șaibe perfect rigide solicitate la încovoiere în planul lor avînd ca reazeme grinzi-consolă (reazeme elastice).

Avînd în vedere faptul că panourile mari, îmbinate între ele, formează diafragmele verticale și orizontale, este necesar a face cîteva considerente privind îmbinările panourilor mari și influența acestora asupra comportării construcției.

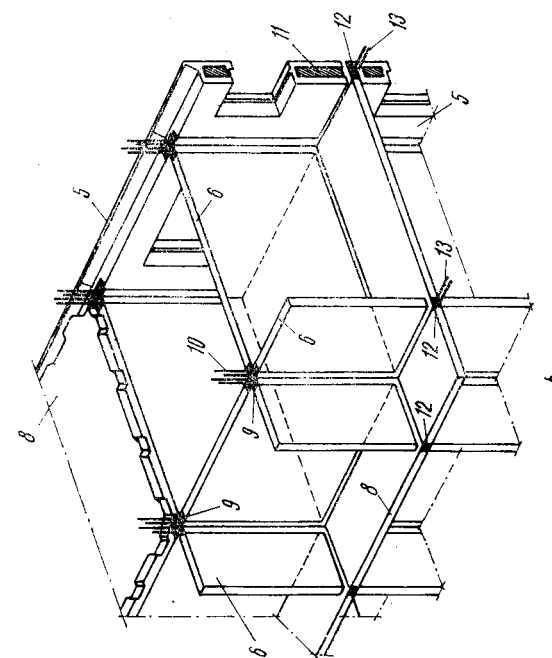
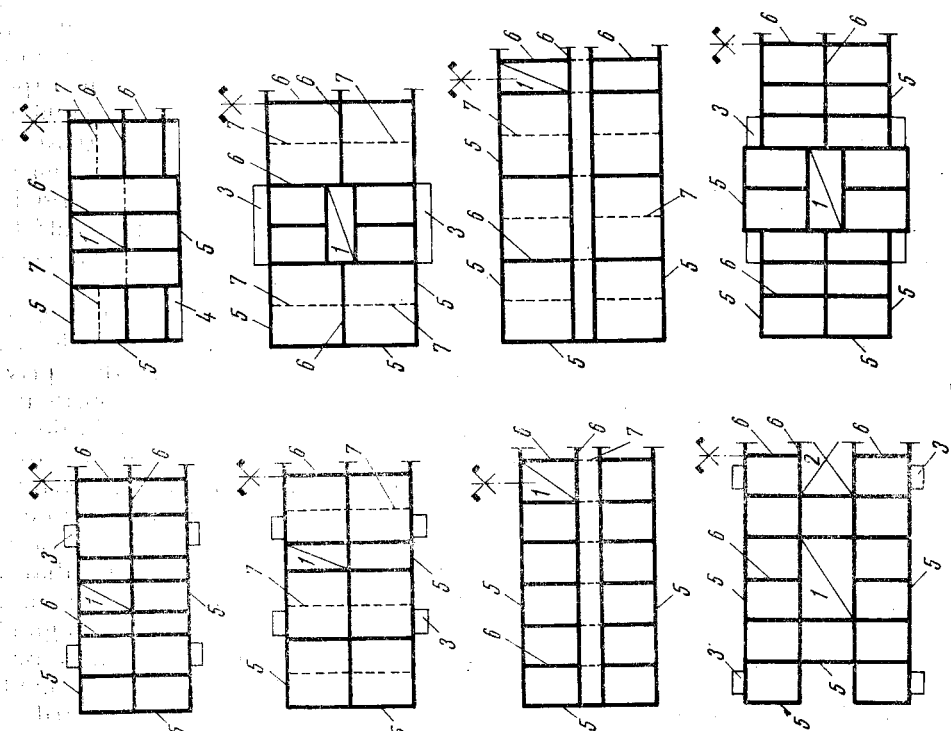


Fig. 16.25. Clădiri cu structuri de rezistență din panouri mari de beton armat:

a - scheme de principiu pentru partiuri de arhitectură; b - alcătuirea unei structuri din panouri mari; 1 - casa scării; 2 - curte interioară; 3 - balcon; 4 - logie; 5 - panou de perete portant exterior; 6 - panou de perete portant interior; 7 - îmbinare între panourile de planșeu; 8 - panou de planșeu; 9 - îmbinări verticale din beton armat turnat în stâlpi; 10 - armături verticale în stâlpi; 11 - izolație termică; 12 - îmbinări orizontale din beton armat turnat în centuri; 13 - armături orizontale în centuri.



16.3.1. ÎMBINĂRI LA CONSTRUCȚIILE DIN PANOURI MARI

Îmbinările verticale se realizează între consolele verticale alăturate, putînd apărea, în general, două cazuri diferite în comportarea lor la acțiunea încărcărilor orizontale:

- cînd nu se poate conta pe rezistența mecanică a îmbinării, consolele se consideră că lucrează independent (fig. 16.26, a);
- cînd îmbinările au o rezistență suficient de mare, susceptibilă de a fi luată în considerare la calcule.

În cel de-al doilea caz, în funcție de deformările îmbinării, sub acțiunea eforturilor de lunecare și de caracterul ruperii, pot să apară două cazuri distincte în modul de lucru al îmbinării:

- ruperea îmbinării are un caracter fragil, îmbinarea avînd deformări mici se comportă aproape elastic pînă la rupere; creșterea deformărilor la rupere se produce odată cu scăderea efortului tangențial din îmbinare (fig. 16.27, b și 16.28, a). În acest caz, îmbinarea poartă denumirea de *îmbinare rigidă*, iar calculul diafragmei din panouri mari se face în ipotezele teoriei elasticității;
- ruperea îmbinării se produce printr-o curgere lentă, deformările îmbinării cresc la valori sensibile cînd este atins efortul tangențial final (fig. 16.27, c și 16.28, b, c), îmbinarea purtînd denumirea de *îmbinare cu curgere plastică*. Din figura 16.27 se observă că în acest caz comportarea îmbinării poate fi diferită, adică cu deformări mari la eforturi neesențiale (fig. 16.28, b) sau cu deformări în domeniul elastic pînă la atingerea efortului tangențial de rupere, după care deformările cresc substanțial fără ca efortul tangențial să scadă sensibil (fig. 16.28, c). Acest ultim caz, cu îmbinare elasto-plastică, se poate aprecia că este îmbinarea care dă garanția unei comportări bune în domeniul elastic, cu rezerve mari de absorbție a energiei în domeniul plastic. Calculul unei astfel de îmbinări se face ca pentru un sistem elasto-plastic în sensul teoriei plasticității.

Se poate spune, în concluzie, că îmbinările verticale dintre panourile care alcătuiesc diafragmele verticale, privite din punctul de vedere al comportării lor mecanice conduc la două metode de calcul diferite, dintre care prima, în ipotezele teoriei elasticității are o extindere mai mare, utilizîndu-se de fapt și în cazul diafragmelor monolite din beton armat. Ca urmare, în acest caz, calculul diafragmelor alcătuite din panouri mari prefabricate se face identic cu al diafragmelor din beton armat monolit. Este necesar în plus să se verifice îmbinările pentru a fi capabile să preia eforturile de lunecare care apar. Pentru realizarea

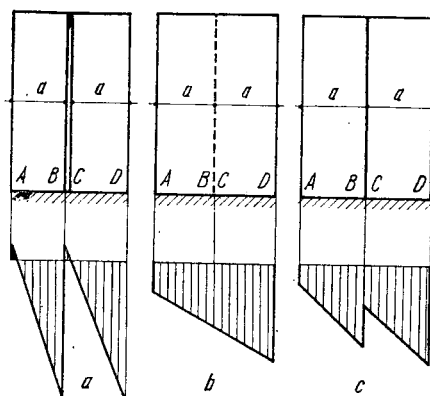


Fig. 16.27. Distribuția presiunilor în încetare, pentru:

a - console independente; b - diafragmă solidarizată cu îmbinări verticale rigide; c - diafragmă solidarizată cu îmbinări verticale cu curgere plastică.

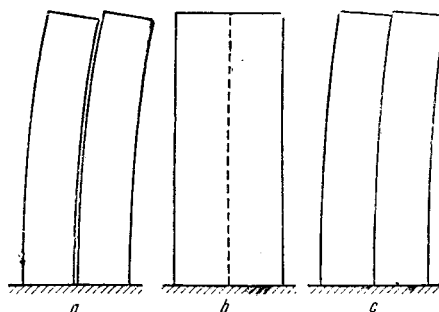


Fig. 16.26. Modul de lucru al îmbinărilor verticale:

a - fără rezistență mecanică, consolele lucrînd independent; b - îmbinare rigidă; c - îmbinare cu curgere plastică.

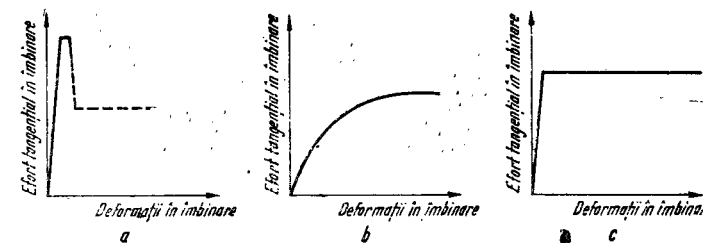


Fig. 16.28. Modul de deformare și rupere a îmbinărilor verticale: a - îmbinare rigidă cu deformări aproape elastice pînă la ruperea cu caracter fragil; b; c - îmbinări cu curgere plastică.

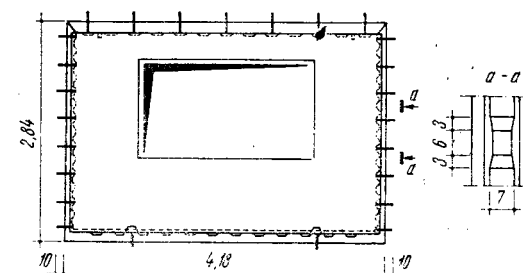


Fig. 16.29. Panou de perete exterior cu fețe laterale profilate (alveole, praguri).

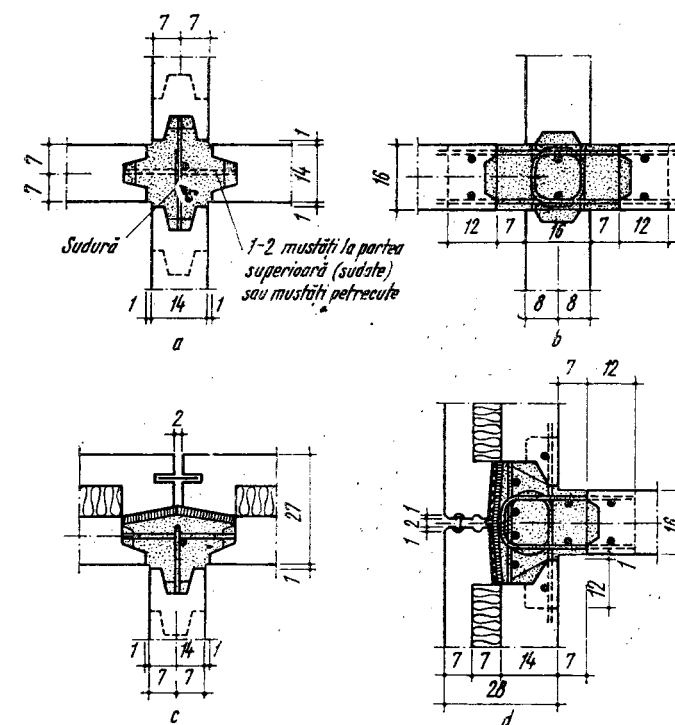


Fig. 16.30. Îmbinări verticale între panourile mari de pereți: a; b - la intersecția panourilor interioare, legătura realizîndu-se cu mustăți sudate, respectiv cu bucle; c; d - la intersecția panourilor exterioare, legătura realizîndu-se cu mustăți sudate, respectiv cu bucle.

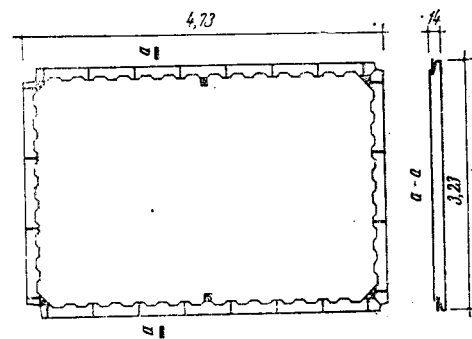


Fig. 16.31. Panou de planșeu cu fețele laterale profilate cu alveole și praguri.

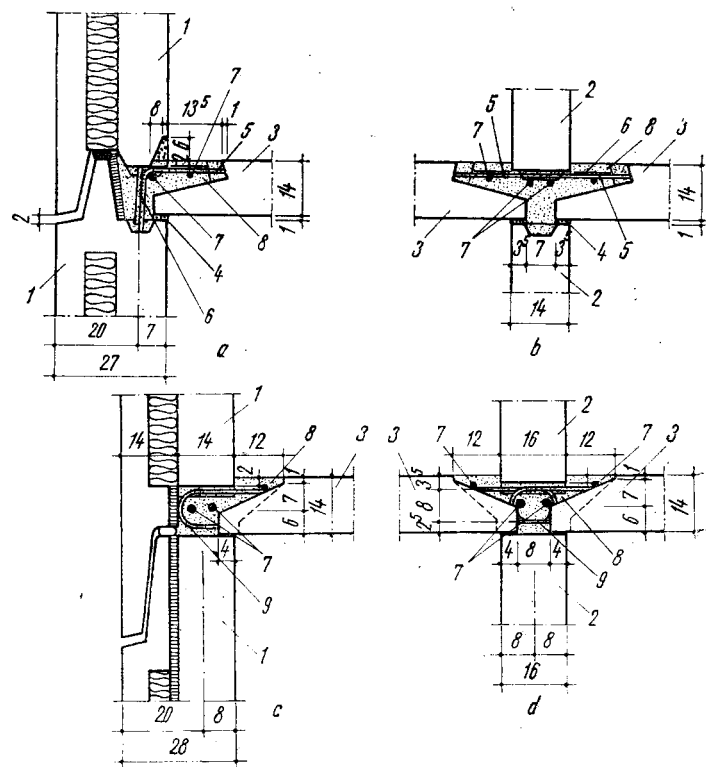


Fig. 16.32. Îmbinări orizontale între panourile de planșeu și de pereți:
a; b - cu mustăți sudate, la pereții exteriori, respectiv la cei interiori; c; d - cu bucle de armătură, la pereții exteriori, respectiv la cei interiori; 1 - panou prefabricat în trei straturi pentru pereții exteriori; 2 - panou prefabricat pentru pereții interiori; 3 - panou prefabricat pentru planșeu; 4 - mortar de poză, M 100; 5 - mustăți de legătură; 6 - sudură; 7 - armături orizontale în monolitizare; 8 - beton B 300 în monolitizare; 9 - bucle de armătură.

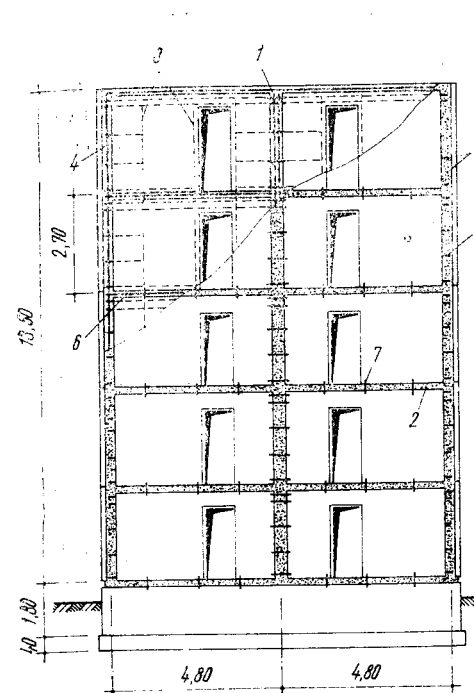


Fig. 16.33. Elevația unei diafragme verticale:
1 - îmbinări verticale; 2 - îmbinări orizontale; 3 - armături în panouri; 4 - armături longitudinale în stâlpișori; 5 - armături transversale în stâlpișori; 6 - armături longitudinale în centuri; 7 - armături transversale în centuri.

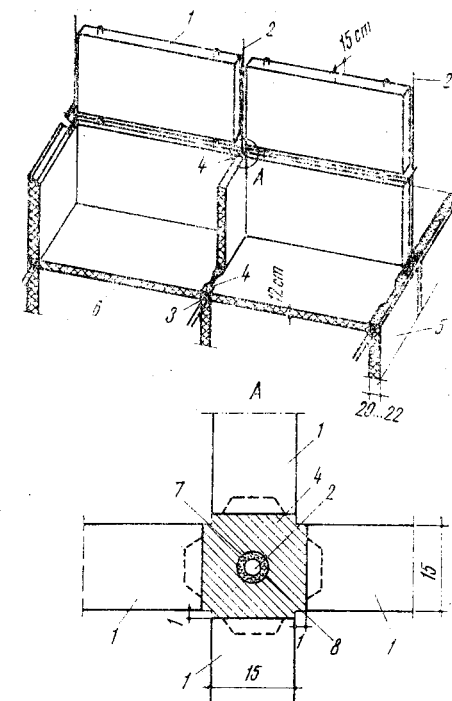


Fig. 16.34. Îmbinări verticale între panouri mari de pereți realizate cu cabluri postintinse:
1 - panou de rezistență interior; 2 - cabluri sau bare pre-comprimate; 3 - armătură montată pe șantier; 4 - beton turnat monolit; 5 - panou exterior; 6 - panou de planșeu; 7 - mortar de ciment injectat; 8 - teacă din PVC.

unor astiel de îmbinări, capabile să preia eforturile normale și de lunecare este necesar ca fețele laterale ale tuturor panourilor de pereți și planșee să fie profilate cu alveole (fig. 16.29) și prevăzute cu mustăți în așa fel încât să se asigure continuitatea, tinzându-se spre monolitism. Transmiterea eforturilor de compresiune în îmbinări se face prin beton, a celor de întindere prin armături innădite cu sudură, petrecere sau bucle, iar a celor tangențiale, prin alveole și praguri; în mod obișnuit îmbinările verticale se realizează prin turnarea între panourile de pereți a unor stâlpișori din beton armat monolit (fig. 16.30).

Pentru a asigura comportarea planșeului ca diafragmă orizontală rigidă în planul lui, este necesar ca și pe conturul panourilor de planșeu să fie prevăzute praguri și mustăți (fig. 16.31), iar între panouri să se realizeze îmbinări orizontale prin monolitizare cu beton armat (fig. 16.32).

În figura 16.33 se prezintă elevația unei diafragme verticale cu îmbinările necesare pentru realizarea monolitismului, iar în figura 16.34, schema asamblării prin precomprimare a unei structuri din panouri mari.

16.3.2. VERIFICAREA PANOURILOR LA COMPRESIUNE CU FLAMBAJ

Pentru verificarea panourilor la compresiune cu flambaj se ține seama și de elementele de calcul ale pereților portanți expuse în capitolul 11, punctul 6.

Determinarea eforturilor în diafragme se face ca pentru un element solicitat la compresiune excentrică, tensiunile normale determinându-se cu relația:

$$\sigma_{1,2} = \frac{N}{A} \pm \frac{M}{W} \quad (16.24)$$

Verificarea zonei comprimate pentru o fișie unitară, la compresiune cu flambaj se face cu relația (16.17), ținând seama de curgerea lentă și de raportul dintre încărcările de lungă durată și cele totale care sînt luate în considerare la stabilirea coeficientului de flambaj. Lungimea de flambaj se determină în funcție de modul de rezemare al panourilor cu relația:

$$l_f = \rho h_{et}, \quad (16.25)$$

în care ρ este un coeficient a cărui valoare se dă în graficul din figura 11.51, iar h_{et} — înălțimea nivelului.

Coeficientul de flambaj φ se determină în funcție de coeficientul de subțirime redus $\bar{\lambda}$ (fig. 16.35) care se stabilește cu relația:

$$\bar{\lambda} = \frac{l_f}{b \sqrt{\alpha}}; \quad (16.26)$$

în care $b(h)$ este grosimea stratului de rezistență al panoului, iar α — parametrul definit de relația:

$$\alpha = \frac{E_b}{R_{cm}(1 + \beta \xi)}; \quad (16.27)$$

unde:

β este coeficientul care ține seama de curgerea lentă a betonului, avînd valoarea 1,2 pentru betoane confecționate cu agregate obișnuite;

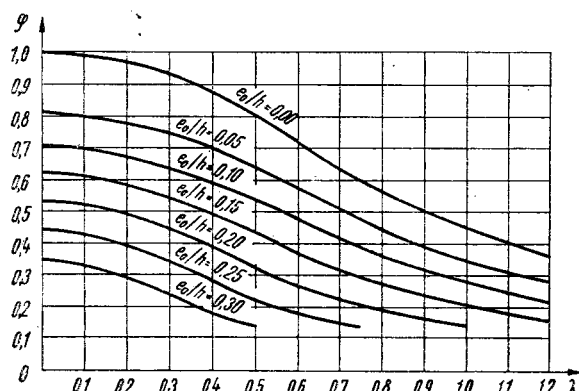


Fig. 16.35. Abacă pentru determinarea coeficientului de flambaj, în funcție de coeficientul de subțirime și de raportul dintre excentricitate și grosimea panoului.

E_b este modulul de elasticitate al betonului;

ξ — raportul dintre încărcările de lungă durată și cele totale;

R_{cm} — rezistența medie a betonului la compresiune, determinată pe cilindri, $R_{cm} = 0,8 R_c$;

R_c — marca betonului;

e_0 — excentricitatea de aplicare a forțelor.

În figura 16.36 sînt prezentate schemele de calcul ale diafragmelor de perete exterior, de perete interior și de planșeu.

16.3.3. VERIFICAREA INTEGRITĂȚII PANOULUI

Ca și în cazul diafragmelor din beton armat sau din zidărie, este necesară verificarea diafragmelor din panouri mari la eforturi principale de întindere (multiplicate cu coeficientul de comportare), cu ajutorul relației:

$$\sigma_1 \leq R_t, \quad (16.28)$$

atît în zona comprimată unde:

$$\sigma_1 = \frac{\sigma - \sqrt{\sigma^2 + 4\tau^2}}{2}, \quad (16.29)$$

cît și în zona întinsă, în care se consideră:

$$\sigma = 0 \text{ și deci: } \sigma_1 = \tau. \quad (16.30)$$

Cînd condiția 16.28 nu este îndeplinită, se armează panoul cu plase de armătură, care trebuie să preia întregul efort principal de întindere.

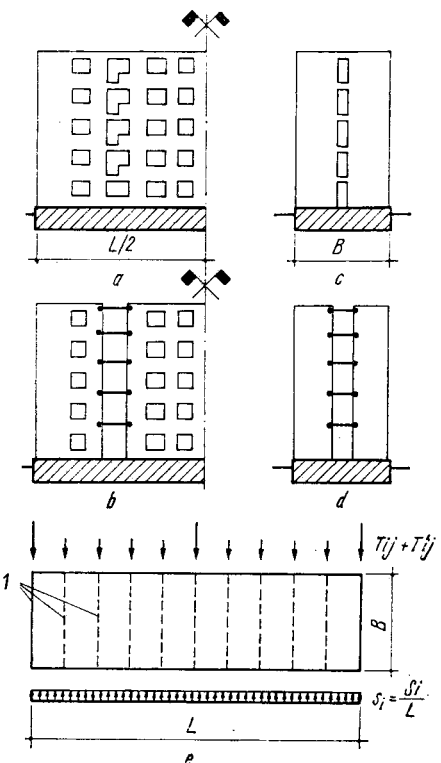


Fig. 16.36. Scheme de calcul pentru diafragmele de pereți și planșee:

a — perete exterior, alcătuirea reală; b — perete exterior, schemă de calcul; c — perete interior, alcătuirea reală; d — perete interior, schemă de calcul cu bulandrugi ieșiți din lucru; e — schema de calcul a diafragmei orizontale de planșeu acționată de încărcări seismice; f — diafragme verticale; s_i — încărcare seismică uniform repartizată la nivelul i ; T_{ij} — forța tăietoare în diafragma j , la nivelul i , rezultată din calculul seismic în ipoteza de translație; T'_{ij} — forța tăietoare în diafragma j , la nivelul i , rezultată din calculul de torsune.

16.3.4. VERIFICAREA ÎMBINĂRILOR VERTICALE

Îmbinările verticale trebuie să reziste la efortul de lunecare provenit din forța tăietoare, dezvoltată sub acțiunea forțelor orizontale. Verificarea îmbinărilor verticale, indicate în figura 11.7, se face în ipoteza apariției unor *biele de compresiune* în betonul de monolitizare (v. fig. 11.8 și 16.37), capacitatea de rezistență la lunecare a îmbinării fiind egală cu suma capacității de rezistență a bielelor, a betonului din centură și a armăturii orizontale pe înălțimea unui etaj și este dată de relația:

$$L_e \leq \frac{R_{pr} a \varepsilon h}{2} + 0,6 R_t A' + R_{at} A_a \text{ [kN]}, \quad (16.31)$$

în care: $L_e = \tau d h_{et}$ este lunecarea pe înălțimea unui etaj;

a — lățimea minimă a alveolelor (fig. 16.37, b);

ε — coeficient de corecție (reducere), stabilit în funcție de forma profilăției laterale a panourilor, de numărul de profilății pe înălțimea unui etaj și de înălțimea etajului (fig. 16.37, c);

R_{pr} și R_t — rezistențele de calcul ale betonului monolit din îmbinare, stabilite conform STAS 10 102-75;

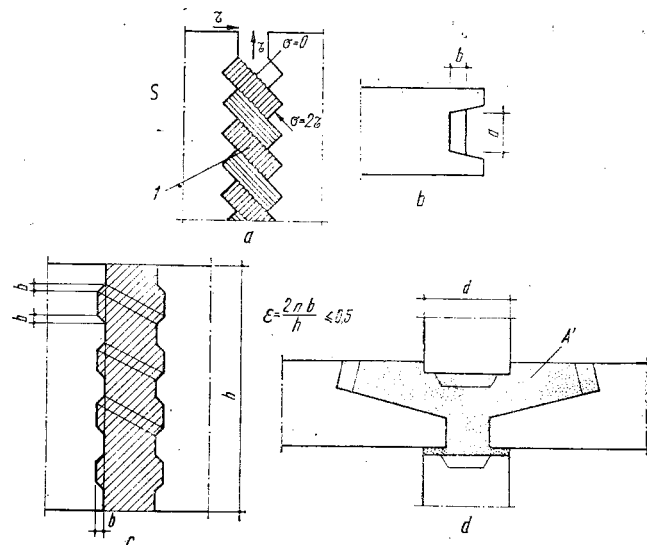


Fig. 16.37. Schema de comportare mecanică a îmbinării verticale: a - formarea bielelor de compresiune sub acțiunea forțelor laterale; b - detaliu de alveolă și prag; c - stabilirea coeficientului ε ; d - detaliu de îmbinare a panourilor de planșeu cu cele de pereți interiori; 1 - bielă de compresiune.

În acest caz se recomandă ca să fie satisfăcută condiția:

$$L_e \leq T_{min}. \quad (16.33)$$

În îmbinările de la ramificația pereților interiori cu cei exteriori se recomandă ca cel puțin 75% din armătura rezultată din calcul să se distribuie pe toată înălțimea îmbinării verticale.

16.3.5. VERIFICAREA ÎMBINĂRILOR ORIZONTALE

Se utilizează, de obicei, două tipuri de îmbinări orizontale: îmbinări cu subbetonare și îmbinări cu pene.

16.3.5.1. Îmbinări cu subbetonare. La aceste tipuri de îmbinări este necesară verificarea compresiunii la extremitățile panoului în contact cu îmbinarea orizontală, folosind relația:

$$\sigma \leq \xi R_{pr} \quad (16.34)$$

în care σ este efortul maxim de compresiune iar ξ - coeficient de corecție stabilit în funcție de modul de rezemare al planșeului și de alcătuirea centurii, a cărei valoare poate fi egală cu 0,8 dacă lățimea secțiunii curente a centurii este egală cu cea a panoului, cu 0,7 când se realizează o oarecare continuitate între panourile alăturate de planșeu prin armături sudate, prin bucle sau când planșeele pătrund în îmbinare, și egală cu 0,5 în toate celelalte cazuri.

h ; d este înălțimea, respectiv grosimea panoului;
 A' - aria centurii (fig. 16.37, d);
 R_{at} - rezistența de calcul a armăturii stabilită conform STAS 10 102-75;
 A_a - aria armăturii transversale din îmbinarea verticală și a armăturii longitudinale din centură.

Se poate face și o verificare a îmbinării, solicitată la lunecare, în stadiul plastic cu relația:

$$T_{min} = 2 A_a R_{at} \text{ [kN]}. \quad (16.32)$$

Se menționează că în evaluarea efortului maxim de compresiune, σ , la cele două extremități (superioară și inferioară) ale panoului se consideră excentricitățile de calcul precizate în capitolul 11.

Pentru verificarea la lunecare atât în partea superioară, cât și la partea inferioară, se consideră bielele de compresiune și ansamblul îmbinării orizontale a unei diafragme verticale, folosind relația:

$$L_0 \leq \frac{R_{pr}}{2} \varepsilon a l + R_{at} A'_a \text{ [kN]}, \quad (16.35)$$

în care:

L_0 este lunecarea pe ansamblul îmbinării orizontale, dată de relația, $L_0 = A_a d$ cu A_a rezultat din figura 16.38, a,

a - lățimea alveolei sau a pragului,
 ε - coeficientul de reducere, definit ca secțiunea activă a bielelor de compresiune, raportată la unitatea de lungime și care se de-

termină în funcție de forma profilăției superioare și inferioare a panourilor și de numărul, n , de alveole (praguri) pe lungimea considerată (fig. 16.38, b);

R_{at} - rezistența de calcul a armăturii;

A'_a - aria armăturii verticale dintre panouri și din stâlpișori, exclusiv armătura utilizată pentru preluarea volumului de întindere; A'_a se află în zona de lungime l sau în imediata ei apropiere.

Se consideră că pentru valorile $\tau_{lim} < 0,35\sigma$ lunecările pot fi preluate prin frecare (ipoteza C o u l o m b); pentru zona comprimată în care această relație nu este satisfăcută, se consideră că numai o parte din efortul τ , egală cu $0,2\sigma$, se poate prelua prin frecare.

Verificarea capacității de rezistență în stadiul plastic al îmbinării orizontale, solicitată la lunecare, se face cu relația:

$$T_{min} = 2 A'_a R_{at}, \quad (16.36)$$

cu condiția:

$$L_0 < T_{min}. \quad (16.37)$$

Aria de armătură utilizată pentru preluarea volumului de întindere rezultat din efortul de compresiune excentrică se determină cu relația:

$$\bar{A}_a = \frac{V_\sigma}{R_a}. \quad (16.38)$$

în care V_σ este volumul de întindere din inima și tălpile zonei întinse, iar R_a - rezistența de calcul a armăturii stabilită conform STAS 10 102-75.

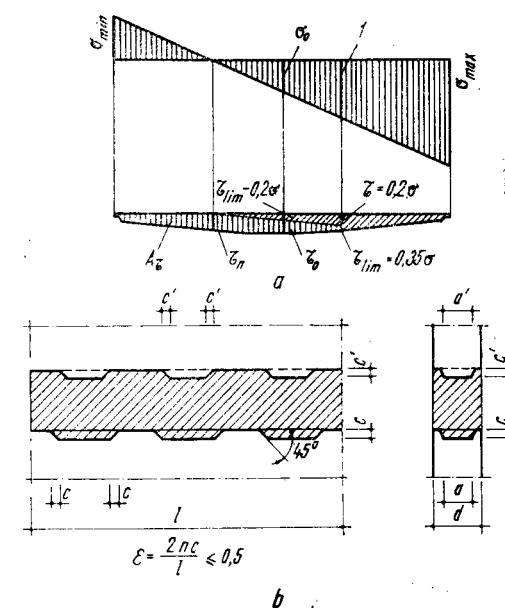


Fig. 16.38. Îmbinare orizontală cu subbetonare: a - distribuția tensiunilor normale pe lungimea îmbinării; b - detalii pentru elementele îmbinării orizontale; l - secțiunea în care este satisfăcută relația $\tau_{lim} = 0,35\sigma$.

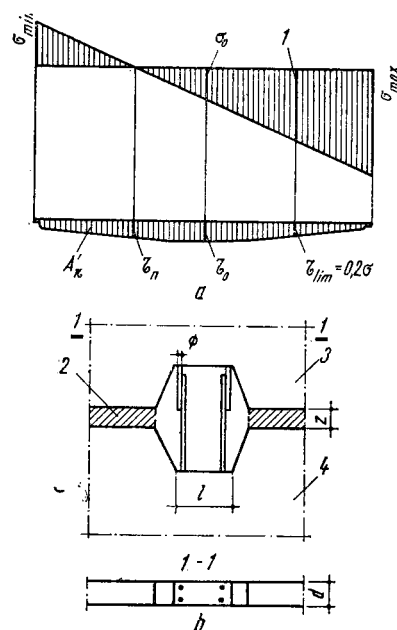


Fig. 16.39. Îmbinare orizontală cu pene:
a - distribuția tensiunilor normale pe lungimea îmbinării; b - geometria penei; 1 - secțiunea în care este satisfăcută relația $\tau_{lim} = 0,2\sigma$; 2 - centură; 3 - panou superior; 4 - panou inferior.

în care:

L_0 este lunecarea pe ansamblul îmbinării orizontale (fig. 16.39, a), determinată cu relația:

$$L_0 = A'_z \cdot d \quad (\text{v. fig. 16.39}) \quad (16.41)$$

Q - lunecarea capabilă a unei pene, care se determină cu relația:

$$Q = \sqrt{R_{pr}} (k_1 d l + k_2 n \Phi^2 \cos^2 \alpha); \quad (16.42)$$

R_{pr} - rezistența prismatică a betonului din monolitizare;

$d; l$ - dimensiunile penei (v. fig. 16.39, b);

$n; \Phi$ - numărul, respectiv diametrul barelor verticale, care traversează pana;

$k_1; k_2$ - coeficienți de corecție, care se pot lua pentru forme similare cu cea din figura 16.39, b, $k_1 = 2$, $k_2 = 50$, iar pentru alte forme de pene k_1 și k_2 se determină prin încercări;

$$\cos^2 \alpha = l^2 / (z^2 + l^2).$$

Armătura rezultată se distribuie în panouri și în îmbinările verticale, pe cât posibil proporțional cu distribuția eforturilor.

16.3.5.2. Îmbinări cu pene. Verificarea compresiunii locale în partea inferioară și superioară a panourilor în contact cu îmbinarea, ca și determinarea armăturii verticale necesare pentru preluarea întinderilor din compresiunea excentrică ($\bar{A}_a$) se face ca la punctul 16.3.5.1. pentru îmbinările cu subbetonare.

Stratul de mortar se verifică la compresiune cu formula:

$$\sigma \leq 0,4 \gamma M \text{ [daN/cm}^2\text{]}, \quad (16.39)$$

în care:

σ este efortul maxim de compresiune;

M - marca mortarului de ciment;

γ - coeficient de corecție stabilit în funcție de modul de realizare a stratului de mortar care se ia egal cu 0,6 pentru mortar de poză și cu 0,8 pentru mortar matat.

Lunecarea în îmbinare se verifică cu relația:

$$L_0 \leq \Sigma Q, \quad (16.40)$$

Armătura A'_a care nu cuprinde barele considerate în stabilirea capacității de rezistență a penelor de beton armat se distribuie îmbinărilor verticale și în panouri pe cât posibil proporțional cu distribuția eforturilor.

16.4. METODE DE CALCUL ȘI PROGRAME PENTRU CALCULUL DIAFRAGMELOR

16.4.1. METODE DE COMPLEXITATE MEDIE

Metodele de complexitate medie mențin ipotezele simplificatoare de a considera diafragmele cu goluri drept cadre etajate, însă se bazează pe scrierea condițiilor de egalitate a săgeților între diferitele diafragme la nivelul fiecărui planșeu, dar nu se mai consideră diafragmele ca structuri monotone fiind posibil să se țină seama de:

- variația pe verticală a caracteristicilor geometrice (grosimea diafragmelor, înălțimea etajelor, deschiderile golurilor, dimensiunile buiandrugilor) și a materialului (marca betonului);

- posibilitatea de a renunța la legi simplificate de distribuție pe verticală a încărcărilor laterale, corectând această distribuție în concordanță cu deformata structurii;

- posibilitatea efectuării calculului nu numai pentru modul fundamental de vibrație, ci și pentru moduri superioare.

Aceste aspecte devin importante la construcțiile mai înalte de 10 niveluri. Scrierea sistemului de ecuații de condiție sub forma generală pentru ansamblul structurii conduce la un număr foarte mare de ecuații. De aceea, diversele metode din această categorie cuprind, în final, unele aproximații și simplificări.

Dintre metodele de complexitate medie utilizate, se pot cita:

- metoda deformațiilor impuse elaborată de I.S.L.G.C., București;
- metoda rigidităților relative de nivel, elaborată de cons. ing. Em. Tițăru, prof. ing. Al. Cișmigi și de prof. dr. ing. M. Ifrim;
- metoda matricei de rigiditate;
- metoda matricei de flexibilitate;
- metoda cadrului echivalent elaborată de F. Borges și R. Avara care a fost folosită și îmbunătățită de Institutul Politehnic Iași și utilizată sub o formă proprie, de către ICPROM Iași.

Întrucât dimensiunile elementelor componente ale diafragmelor (plinurile verticale și buiandrugii) sînt mari în comparație cu distanța dintre noduri, diafragma nu se poate reduce la axele sale iar nodurile nu pot fi considerate punctuale. Avînd în vedere că pentru fiecare plin vertical se acceptă ipoteza secțiunilor plane, pentru a reduce diafragma la axele sale se introduc zone rigide care leagă capetele buiandrugilor de axele plinurilor verticale.

Datorită dimensiunilor mari ale elementelor componente în raport cu lungimile dintre noduri, este necesar să se ia în considerare și efectul forței tăietoare. Prin considerarea celor menționate, diafragmele cu goluri pot fi reduse, ca scheme de calcul, la sisteme de bare reticulare. Rigiditățile pentru astfel de bare (fig. 16.40 și 16.41) au forme care în particular sînt cele cunoscute de la cadrele clasice.

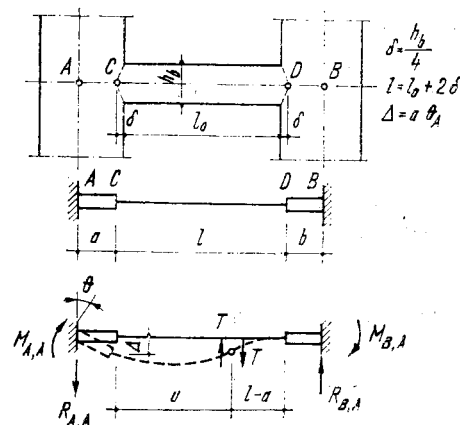
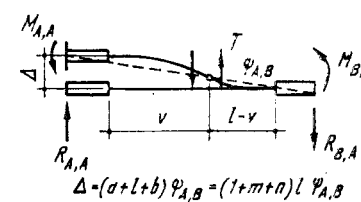


Fig. 16.40. Schemă generalizată pentru o bară cu rotire de nod, θ , la capătul din stînga.

Fig. 16.41. Schemă generalizată pentru o rotire de bară.



16.4.2. METODE BAZATE PE TEORIA ELASTICITĂȚII

Dintre metodele bazate pe teoria elasticității, utilizate în practica de proiectare, se pot cita:

- metoda diferențelor finite;
- metoda elementelor finite;
- determinarea deformațiilor și eforturilor folosind modele fotoelastice.

Programele folosite pentru calculul structurilor în diafragme sînt:

DIAB — efectuează calculul la translație a structurilor din diafragme de beton armat la solicitări orizontale (vînt și/sau seism) folosind calculator **IBM 360, 370**;

DIAT, (**ISLGC**) — efectuează calculul la torsiune a structurilor în diafragme de beton armat la solicitări orizontale folosind calculator **IBM 360, 370**;

DIAM, (**ISLGG**) — efectuează calculul matricelor de flexibilitate pentru diafragmele de beton armat folosind calculator **IBM 360, 370**;

DIASEI, (**IPB**) — efectuează calculul structurilor în diafragme monotone la solicitări seismice (la translație și/sau torsiune);

CADIAC, (**IPC**) — calculează starea de eforturi și deplasări pentru structuri spațiale alcătuite din cadre sau cadre și diafragme, folosind calculator **IRIS** sau **FELIX C-256**;

DESTAT — calculează eforturile și deplasările în orice punct al unei structuri spațiale, alcătuite din cadre și diafragme cu ajutorul elementelor finite dreptunghiulare, cu rotiri pe noduri la încărcări statice (forțe, variații de temperatură și deplasări impuse);

DEDINS, (**INCERC**) — calculează eforturile și deplasările în orice punct al unei structuri spațiale alcătuită din diafragme și cadre, cu ajutorul elementelor finite dreptunghiulare cu rotiri pe noduri, în cazul încărcărilor dinamice-seismice (folosind modurile proprii de vibrație);

IPROTIM — determină starea de eforturi din solicitări orizontale cunoscute pentru clădiri cu structura de rezistență în diafragme;

ICPROM-Iași — efectuează calculul structurilor în diafragme la solicitări orizontale, inclusiv calculul la torsiune.

Capitolul 17 CLĂDIRI CU STRUCTURA DIN PEREȚI PORTANȚI DE ZIDĂRIE

17.1. GENERALITĂȚI

La clădirile cu structura din pereți portanți de zidărie, planșeele pot fi considerate ca reazeme fixe pentru pereți rezultînd structura rigidă, sau ca reazeme elastice deplasabile, rezultînd structura flexibil-elastică, în funcție de distanța dintre pereții transversali de rezistență și de rigidizarea care asigură rigiditatea structurii în plan transversal, precum și de rigiditatea planșeului în planul lui.

Structura rigidă cu pereți portanți din zidărie se consideră atunci cînd distanța dintre pereții portanți transversali este mică. Acest tip de structură se utilizează, în special, la clădirile de locuit și la unele tipuri de clădiri social-culturale, care datorită funcțiunii lor au o alcătuire structurală asemănătoare cu a clădirilor de locuit (cămine, hoteluri etc., fig. 17.1).

Structura flexibil-elastică cu pereți portanți din zidărie este structura la care pereții transversali sînt situați la distanță mare (fig. 17.2), rigiditatea transversală a clădirii fiind asigurată prin conlucrarea spațială a pereților portanți longitudinali datorită acoperișului sau planșeului rigid. Acest tip de structură se folosește mai ales la clădirile cu parter, la construcțiile agricole, ateliere, magazine sătești, magazine, clădiri de tip sală sau hală etc. (fig. 17.3).

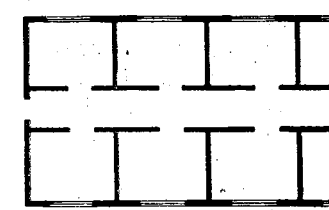


Fig. 17.1. Clădire socială cu structură rigidă din pereți portanți de zidărie.

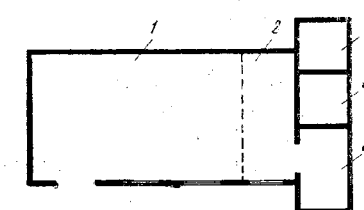


Fig. 17.2. Clădire tip sală cu structură flexibil-elastică cu pereți portanți din zidărie:
1 — sală de spectacole, 2 — scenă; 3 — anexe.

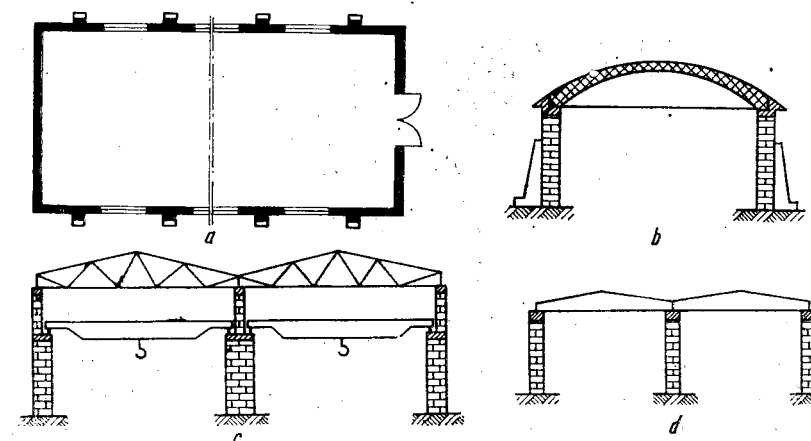


Fig. 17.3. Clădiri cu structura flexibil-elastică din pereți portanți de zidărie:
a; b — planul și secțiunea transversală a unei magazii de cereale cu pereți portanți din zidărie prevăzuți pe laturile lungi cu contraforți; c; d — secțiuni transversale prin hale industriale cu pereți portanți din zidărie.

17.2. CLĂDIRI CU STRUCTURA PORTANTĂ RIGIDĂ

La proiectarea clădirilor cu pereți portanți din zidărie de cărămidă, blocuri mici sau mari, este necesar ca dispunerea pereților să se facă după ambele direcții principale ale clădirii, astfel ca să se realizeze o structură casetată (celulară sau fagure). Desigur, în cazul când aceste clădiri sînt amplasate în zone seismice, la alegerea formei în plan și alcătuirea structurii trebuie să se respecte toate măsurile constructive prevăzute în prescripțiile tehnice.

La aceste clădiri, care se realizează cu maximum cinci niveluri ($P + 4E$), grosimea pereților exteriori de rezistență se stabilește din condiții de izolare termică, iar a celor interiori de rezistență din condiții de izolare fonică și de rezistență. Din calcule urmează a se stabili marca cărămidii, marca mortarului și eventual necesitatea introducerii unor stâlpișori din beton armat.

Calculul la acțiunea forțelor orizontale se bazează pe aceleași principii ca și cel aplicat la structurile în diafragme din beton armat monolit, avînd, desigur, în vedere caracteristicile mecanice și elastice specifice zidăriei simple sau a celei complexe cu elemente din beton armat înglobate în zidărie. Forța exterioară totală de nivel P_{ek} se va repartiza la diferitele diafragme prin oricare din procedeele de repartizare cunoscute, considerînd că structura are comportare spațială, astfel încît deformațiile diafragmelor sînt compatibile cu deformațiile planșeului. Rezultă deci o conlucrare între diafragmele transversale și cele longitudinale, rigiditatea unei diafragme fiind dată de diafragma paralelă cu direcția de acțiune a forței orizontale exterioare, cît și de anumite porțiuni din diafragmele perpendiculare, alcătuiind astfel secțiuni complexe I , T , L , F , E etc. (v. fig. 16.20).

Ipotezele simplificatoare care stau la baza metodei de calcul sînt:

- zidăria se consideră că lucrează ca un material omogen, izotrop și elastic;
- diafragmele verticale se consideră încastate la bază, dacă subsolul constituie un sistem rigid încastarea se poate lua la partea superioară a acestuia;
- întrucît la marea majoritate a clădirilor cu structura în diafragme de zidărie, raportul dintre înălțimea diafragmei și lățimea ei este mai mic decît 3, în calculul deformațiilor (rigidităților) se va lua în considerare și efectul forțelor tăietoare cu modulul de elasticitate transversal al zidăriei avînd valoarea $G_z = 0,25 E_z$;

— zidăria rigidizată cu elemente din beton armat (stâlpișori) se consideră în calcule cu secțiunea ideală stabilită în funcție de raportul dintre modulii de elasticitate a celor două materiale și cu momentul de inerție ideal:

$$A_i = A_z + n_e A_b; \quad (17.1)$$

$$I_i = I_z + n_e I_b, \quad (17.2)$$

unde:

$n_e = \frac{E_b}{E_z}$ este coeficientul de echivalență;

A_z, I_z — aria, respectiv momentul de inerție al secțiunii zidăriei, stabilite în raport cu axa care trece prin centrul de greutate al secțiunii ideale;

A_b, I_b — aria, respectiv momentul de inerție al secțiunii de beton stabilite în raport cu axa ce trece prin centrul de greutate al secțiunii ideale.

Și în cazul structurilor cu diafragme din zidărie pot apărea cele două tipuri de diafragme, pline și cu goluri. La diafragmele cu goluri mici se verifică buian-

drugul la forța tăietoare provenită din lunecarea din buiandrug și la momentul încovoietor care solicită buiandrugul.

În cazul diafragmelor cu goluri mici (fig. 17.4) lunecarea în buiandrug este dată de relația:

$$L_b = \tau h b = \frac{TS}{bI} b h = \frac{TS}{I} h, \quad (17.3)$$

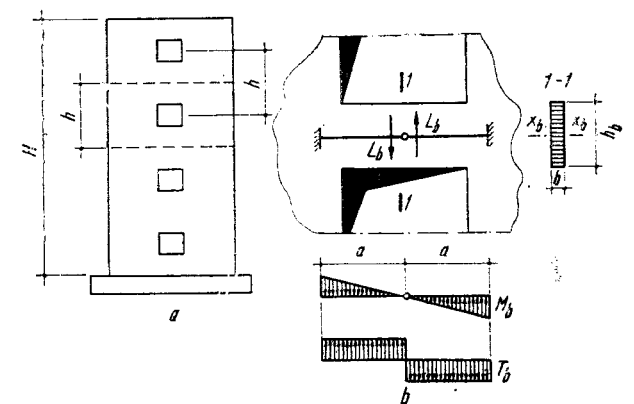


Fig. 17.4. Solicitări în buiandrugii la o diafragmă cu goluri mici: a — schema diafragmei; b — solicitările în buiandrug.

iar momentul încovoietor și forța tăietoare de relațiile:

$$M_b = L_b a; \quad (17.4)$$

$$T_b = L_b. \quad (17.5)$$

Pentru stabilirea deschiderii de calcul a buiandrugilor la diafragmele cu goluri, se indică valoarea:

$$2a = \lambda l_0, \quad (17.6)$$

în care λ se ia din graficul prezentat în figura 17.5, c.

Pentru buiandrugii compuși din beton și zidărie, aria și momentul de inerție se iau cele ideale.

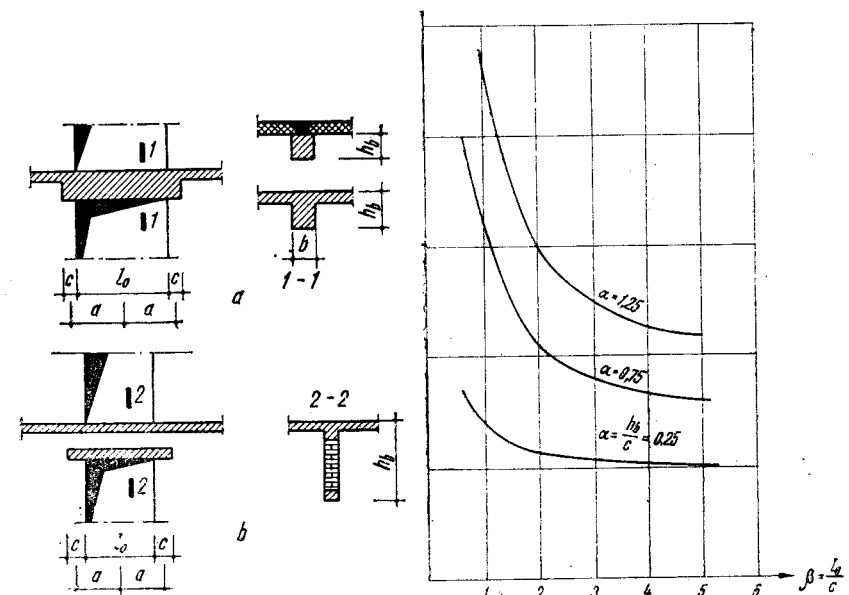


Fig. 17.5. Stabilirea deschiderii și înălțimii de calcul a buiandrugilor: a — pentru buiandrugii din beton armat monolit sau din elemente prefabricate; b — pentru buiandrugii din beton armat amplasați sub centură; c — variația coeficientului λ cu raportul l_0/c .

După determinarea eforturilor secționale N , M , T elementele structurii se verifică la forfecare în rostul orizontal, la compresiune excentrică și la eforturi principale de întindere, identic cu diafragmele din beton armat, luând în considerare caracteristicile mecanice și elastice proprii zidăriei.

Pentru calculul diafragmelor cu goluri mijlocii se poate folosi și metoda structurii continue echivalente.

17.3. CLĂDIRI CU STRUCTURA FLEXIBIL-ELASTICĂ

După cum s-a arătat, aceste clădiri realizate din cadre transversale prin intermediul acoperișului, sînt parter, rareori parter și unu sau două etaje. Rigla cadrului, considerată legată articulat de stîlpi, este acoperișul, iar stîlpii, considerați încadrați la bază, sînt zidurile exterioare și interioare (în unele cazuri chiar stîlpii din zidărie).

În cazul cînd stîlpii cadrului sînt ziduri, secțiunea acestora depinde de modul de rezemare a acoperișului: dacă rezemarea acoperișului se face continuu pe zid, iar zidul nu este prevăzut cu contraforți sau goluri, calculul se face pentru un metru lungime de perete (fig. 17.6, *a*) iar cînd zidul este prevăzut cu contraforți, lungimea de calcul se ia ca în figura 17.6, *b*. Dacă rezemarea acoperișului se face punctual (reazeme de grinzi, ferme, arce etc.), lățimea tălpii depinde de distanța x , de la reazem pînă la secțiunea de calcul, considerîndu-se că transmiterea încărcării se face sub un unghi de 45° (fig. 17.7, *a*). Pentru simplificarea calculelor se admite ipoteza secțiunii constante pe toată înălțimea zidului cu lățimea $H/3$ de fiecare parte a contrafortului (reazemului), dar nu mai mare decît jumătate din travee (fig. 17.7, *b*).

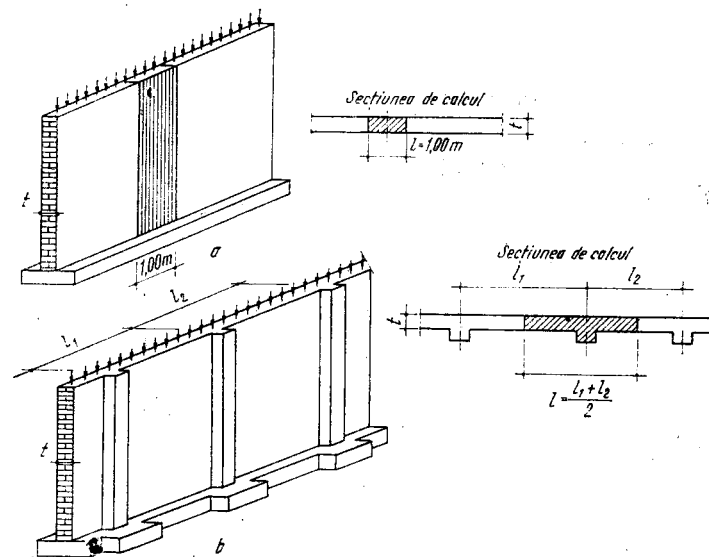


Fig. 17.6. Secțiunea de calcul în cazul rezemării continue a acoperișului pe pereții din zidărie:
a — la pereți fără contraforți sau goluri; *b* — la pereți cu contraforți.

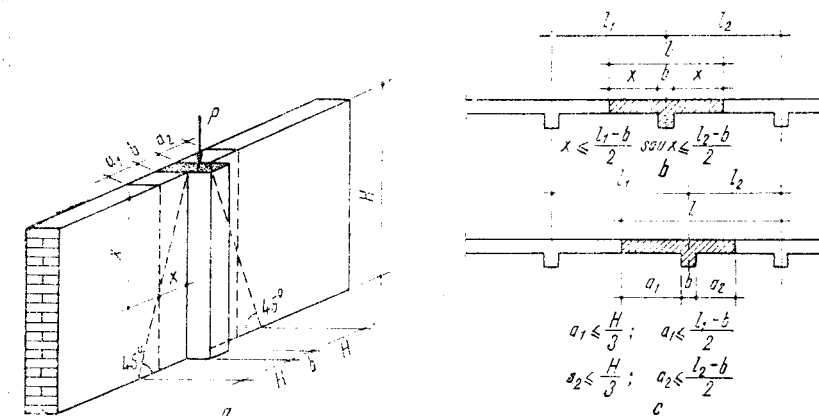


Fig. 17.7. Secțiunea de calcul în cazul rezemării punctuale a acoperișului pe pereții din zidărie:

a — schema peretelui; *b* — secțiunea de calcul variabilă pe înălțime, în funcție de distanța x ; *c* — secțiunea de calcul constantă pe înălțimea zidului (ipoteză simplificatoare).

Calculul acestui tip de structură se face în două stadii:

- *stadiul I*, cînd clădirea are pereții executați, iar acoperișul nu este turnat sau montat;
- *stadiul II*, cînd clădirea este executată complet și dată în exploatare.

17.3.1. CALCULUL CLĂDIRII ÎN STADIUL I

În acest stadiu, pereții fiind executați, iar acoperișul nu, schema statică de calcul a pereților este o consolă încadrată la bază și liberă la partea superioară.

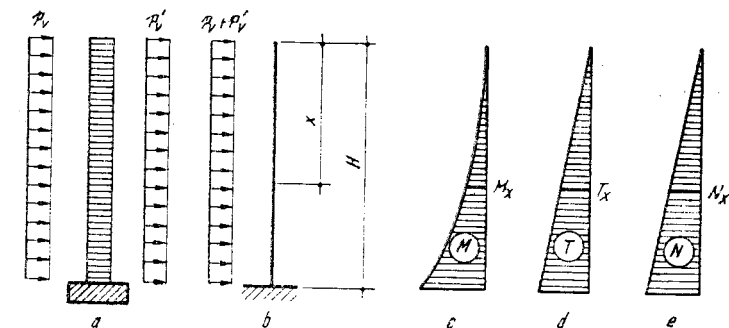


Fig. 17.8. Schema de calcul a peretelui în stadiul I:

a — secțiune prin perete și forțele care îl acționează; *b* — schema statică a peretelui; *c* — diagrama de momente; *d* — diagrama de forțe tăietoare; *e* — diagrama de forțe axiale.

Asupra peretelui acționează greutatea acestuia de deasupra secțiunii de calcul, dând naștere forței axiale N_x , și presiunea plus suptiunea vântului, care dau naștere momentului încovoietor M_x și forței tăietoare T_x (fig. 17.8):

$$M_x = \frac{(p_v + p'_v) l x^2}{2}; \quad (17.7)$$

$$T_x = (p_v + p'_v) l x \quad (17.8)$$

în care l este lățimea secțiunii.

Fiind determinate eforturile secționale N , M și T se dimensionează sau verifică în continuare secțiunea de zidărie, aplicînd relațiile date în capitolul 7.

17.3.2. CALCULUL CLĂDIRII ÎN STADIUL II

În acest stadiu clădirea este executată complet. Cadrul transversal fiind format din pereți (stâlpi) și acoperiș, calculul static se simplifică admițînd următoarele ipoteze de calcul, care practic sînt asigurate:

- riglele cadrului (acoperișul) sînt de rigiditate infinită în lungul lor;
- cadrul transversal care se calculează nu conlucrează cu cadrele învecinate;
- zidăria lucrează în domeniul elastic.

Pe baza primei ipoteze de calcul rezultă deplasări egale ale capetelor stîlpilor la nivelul acoperișului (fig. 17.9), ceea ce permite reducerea gradului de nedeterminare statică a structurii, de exemplu, clădirile cu parter sînt o dată static nedeterminate și permite exprimarea reacțiunilor elastice de la capetele stîlpilor în funcție de reacțiunea din reazemul articulat al unui stîlp încastrat la bază și articulat la capătul superior, fiind solicitat la toate încărcările. Determinarea necunoscutelor (reacțiunilor) elastice se face utilizînd metoda eforturilor.

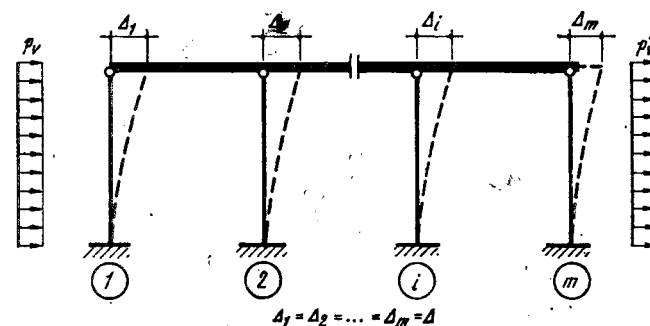


Fig. 17.9. Schema statică a structurii flexibil-elastice în stadiul II.

După ce se stabilesc reacțiunile elastice de reazem din toate încărcările, pentru toți stîlpii, se trece la calculul eforturilor secționale N , M și T pentru fiecare stîlp în parte și la verificarea secțiunilor de zidărie.

STRUCTURI DE REZISTENȚĂ ÎN CADRE PENTRU CONSTRUCȚII CIVILE

18.1. ELEMENTE GENERALE. ALCĂTUIRE CONSTRUCTIVĂ. DOMENIU DE UTILIZARE

Structurile cu schelet sînt alcătuite, în general, dintr-un sistem spațial de bare verticale și orizontale, stâlpi și rigle, îmbinate rigid la noduri. Pentru ca structura să poată prelua încărcările orizontale acționînd după orice direcție, cadrele se dispun în mod obișnuit după două direcții ortogonale, care corespund cu axele principale ale construcției (transversală și longitudinală pentru clădirile cu formă dreptunghiulară în plan). Rețeaua de stâlpi este, de obicei, regulată, dar stâlpii pot fi amplasați și diferit, neuniform pe întreaga suprafață a construcției; ei pot fi grupați în zona centrală sau amplasați periferic. Pe riglele cadrului pot rezema planșee cu alcătuiți variate. În orice caz, rețeaua de stâlpi sau schema de dispunere a stîlpilor, care influențează schemele de alcătuire a cadrelor, se află în interdependență cu distribuția arhitecturală și cu organizarea generală a partiului.

Pe lângă funcționalitatea clădirii, rețeaua stîlpilor este influențată de condițiile de rezistență, rigiditate și stabilitate a structurii, de alcătuirea planșeelor, ca și de unele cerințe ale tehnologiei de execuție. La structurile cu schelet din beton armat se prevăd rosturi de dilatare și contracție la distanțe maxime de 50 m în cazul cadrelor monolite, respectiv 60 m în cazul cadrelor prefabricate.

Clădirile avînd structuri cu schelet permit o organizare flexibilă în ceea ce privește distribuția spațiului interior, care poate fi compartimentat în moduri diferite, influențată însă de prezența elementelor structurale verticale, stîlpilor, care creează servituți minime și a unor elemente funcționale (circulațiile pe verticală prin scări și ascensoare, ghelele de ventilație etc.).

Ca pereți exteriori de închidere se pot folosi fie pereți de umplură din zidărie de produse ceramice sau de beton ușor, fie elemente ușoare de închidere, eficiente și cu grad ridicat de industrializare, cum sînt fișile sau panourile ușoare de fațadă, pereții-cortină etc.

Elementele interioare de compartimentare, pereții despărțitori purtați pot ocupa poziții diferite la diverse niveluri ale clădirii. Astfel, construcțiile cu schelet permit elaborarea de planuri de arhitectură diferite la nivelurile clădirii pentru satisfacerea de cerințe funcționale variate, cît și efectuarea cu ușurință de modificări funcționale viitoare.

Se folosesc și structuri combinate din cadre și diafragme, conlucrind spațial cu planșeele și distribuite astfel ca să asigure rezistența și stabilitatea construcțiilor la acțiunea încărcărilor verticale și orizontale.

Structurile cu schelet din beton armat se folosesc îndeosebi la clădirile social-culturale, necesitînd o mare flexibilitate în distribuirea spațiului, ținînd seamă de funcționalitatea lor, cum sînt: clădiri pentru învățămînt superior, administrative, comerciale și de alimentație publică, clădiri pentru îngrijirea sănătății

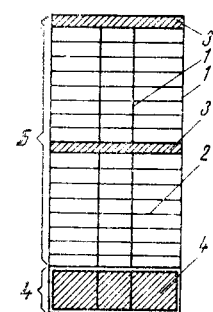


Fig. 18.1. Elemente componente ale unei structuri înalte, etajate:

1 - elemente structurale verticale; 2 - elemente structurale orizontale (planșeu-diafragmă); 3 - planșeu chesonat; 4 - infrastructură; 5 - suprastructură.

orizantal — cadre orizontale, sisteme orizontale triangulate, grinzi și grinzi pereți dispuse orizantal), fac parte și elemente structurale orizontale cu rigiditate mare în plan vertical, cum sînt: infrastructurile, adică complexul mixt fundații — subsoluri și planșeele chesonate de la nivelul etajelor tehnice sau ale teraselor (fig. 18.1) [26].

18.2. STRUCTURI CU SCHELET ÎN CADRE DIN BETON ARMAT

18.2.1. STRUCTURI CU CADRE DIN BETON ARMAT MONOLIT

Cadrele din beton armat monolit sînt structuri tradiționale cu schelet, la care se pot folosi tipuri variate de planșee din beton armat monolit (fig. 18.2), în funcție de alcătuirea și dimensiunile rețelei de stâlpi și de celelalte condiții tehnico-economice (destinație, cerințe estetice și funcționale specifice, cofraje utilizate etc.) [29].

Folosirea planșeeilor din elemente prefabricate de beton armat, mai ales a prefabricatelor tip, la structurile în cadre din stâlpi și rigle, permite obținerea de avantaje tehnico-economice. În acest caz, alcătuirea riglelor monolite ale cadrelor trebuie să asigure rezemarea și monolitizarea corespunzătoare a elementelor de planșeu într-o diafragmă orizontală rigidă, indeformabilă și deci trans-

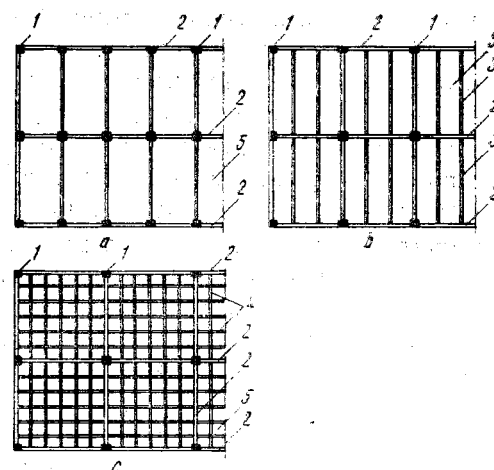


Fig. 18.2. Scheme de planșee monolite la structuri în cadre:

a - placă continuă rezemată pe rigle; b - planșeu cu nervuri (grinzi secundare) și rigle (grinzi principale); c - planșeu cu rețea de grinzi (casetat); 1 - stâlpi; 2 - grinzi principale; 3 - grinzi secundare; 4 - nervurile planșeului casetat; 5 - placă.

(policlinici, spitale etc.), clădiri culturale (teatre, cluburi, săli de expoziții, cinematografe etc.). Structurile cu schelet se utilizează, de asemenea, la clădiri de locuit sau hoteluri cu multe niveluri, cu flexibilitate sporită și diversitate de partiuri de arhitectură pentru apartamente, existind și posibilitatea prevederii cu ușurință a spațiilor comerciale la parterul clădirilor respective. În acest scop se pot folosi cu eficiență și structurile cu schelet combinat din cadre și diafragme.

Structurile cu schelet în cadre din beton armat se comportă bine la acțiunea cutremurelor, ceea ce permite utilizarea lor la clădiri multietajate, cu 15 . . . 20 niveluri. Pentru structurile construcțiilor înalte multietajate, a căror folosire pentru clădirile social-culturale și de locuit este în continuă creștere, se utilizează în prezent structurile în cadre spațiale, cu diafragme, mixte, tubulare și cu grinzi-pereți decalate.

Din alcătuirea unei structuri înalte, pe lângă elementele structurale verticale (cadre, diafragme, cadre-diafragme, tuburi, miezuri) și orizontale (șaibele indeformabile ale planșelor-diafragmă, structuri plane speciale cu rigiditate în plan

miterea sigură și corectă a eforturilor din acțiunile verticale și orizontale. Se folosesc și structuri în cadre de beton armat cu industrializare sporită prin prefabricare, cum sînt: structurile cu prefabricare parțială (planșee și rigle prefabricate și stâlpi turnați monolit; planșee și cadre prefabricate combinate cu diafragme sau simburi, nuclee monolite etc.) sau integral prefabricate.

Procedee moderne se folosesc și în cadrul structurilor în cadre din beton armat integral monolit (stâlpi, rigle, planșee), folosind tehnologii industrializate: tipuri eficiente de cofraje (de inventar, tipizate etc.), cu numeroase reutilizări; armare cu carcasse și plase sudate; betoane cu întărire rapidă; accelerarea întăririi betonului prin tratare termică etc. Eficiența tehnico-economică a tehnologiilor industrializate este sporită prin folosirea de elemente de închidere și compartimentare ale clădirii, de asemenea, industrializate și ușoare. De altminteri, însuși tipul de structură ales reprezintă unul dintre cei mai importanți factori ai industrializării. Alegerea tipului de structură depinde de numeroase criterii, dintre care un loc principal îl ocupă comportarea la forțe orizontale.

În figura 18.3 se prezintă schema unei structuri cu cadre lamelare folosită la Iași, proiectată de ICPROM-Iași, la care se observă că rigiditățile de nivel ale stâlpilor cadrului după direcțiile principale sînt apropiate [69].

Soluțiile pentru structurile cu cadre din beton armat turnat monolit sau din elemente prefabricate se aleg în funcție de cerințele funcționale și geometria clădirii (numărul de niveluri, înălțimea și dimensiunile în plan, mărimea deschiderilor și a traveelor, valoarea acțiunilor verticale ș.a.), de condițiile geotehnice, hidrologice etc. ale amplasamentului, de posibilitățile tehnologice și organizatorice de execuție (modul de confecționare a prefabricatelor, mijloacele de ridicare etc.) ca și de intensitatea acțiunilor orizontale, seismice sau ale vîntului, asupra structurilor înalte, cu mai multe niveluri.

Se folosesc, astfel, structuri care preiau integral acțiunile orizontale, cum sînt cadrele cu noduri rigide, cu o schemă statică similară unei structuri monolite sau structuri în alcătuirea cărora se folosesc elemente speciale destinate preluării acțiunilor orizontale, ca în cazul structurilor mixte, combinate, din stâlpi care preiau acțiunile verticale și diafragme, simburi sau nuclee care preiau acțiunile orizontale.

18.2.2. STRUCTURI CU CADRE DIN ELEMENTE PREFABRICATE

La aceste structuri se urmărește realizarea monolitismului prin îmbinări care să asigure rezistența, rigiditatea, stabilitatea și ductilitatea structurii, folosind procedee industrializate de execuție.

Se folosesc sisteme structurale grupate în:

- structuri integral prefabricate;
- structuri parțial prefabricate sau mixte, unele elemente ale cadrului fiind din beton armat monolit turnat pe șantier.

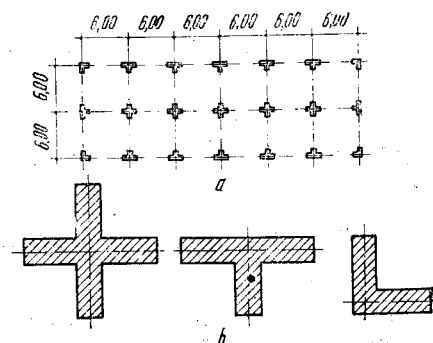


Fig. 18.3. Schema structurii unei construcții cu cadre lamelare, P + 10E, proiectată de ICPROM - Iași:

a - schema dispunerii stâlpilor; b - detalii de stâlpi.

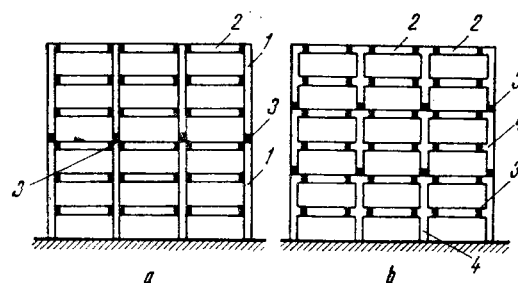


Fig. 18.4. Cadre din elemente prefabricate cu stâlpi continui pe mai multe niveluri:

a - cu îmbinarea riglelor prefabricate pe stâlpi; b - cu îmbinarea riglelor prefabricate pe consolele stâlpilor; 1 - stâlpi prefabricați cu secțiune constantă pe mai multe niveluri; 2 - rigle prefabricate; 3 - monolitizări; 4 - stâlpi prefabricați cu console.

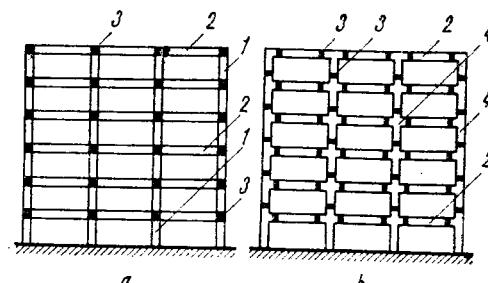


Fig. 18.5. Cadre din elemente prefabricate cu stâlpi având lungimea egală cu înălțimea etajului:

a - cu îmbinările stâlpilor și ale riglelor pe stâlpi, în dreptul planșeului; b - cu îmbinările stâlpilor și ale riglelor pe stâlpi, în zonele cu eforturi minime; 1 - stâlpi cu secțiune constantă; 2 - rigle prefabricate; 3 - monolitizări; 4 - stâlpi cu console.

18.2.2.1. Structuri cu cadre integral prefabricate. La aceste tipuri de structuri este necesară realizarea de noduri rigide, care să asigure continuitatea barelor cadrelor. Realizarea îmbinărilor în zona nodurilor, unde eforturile provocate de încărcările orizontale au valori maxime, prezintă dificultăți serioase de proiectare și execuție, astfel că soluțiile structurale adoptate urmăresc reducerea numărului îmbinărilor sau amplasarea lor în afara nodurilor de cadru, în zone cu eforturi comparativ mai reduse.

Se folosesc următoarele tipuri de structuri cu cadre integral prefabricate [30]:

— *cadre cu stâlpi continui pe mai multe niveluri* (fig. 18.4), indicate pentru clădiri cu deschideri mari și recomandându-se ca greutatea stâlpilor și riglelor să fie cât mai apropiate pentru o utilizare eficientă a macaralelor. Se pot prevedea console scurte numai pe o singură direcție, care permit ca îmbinarea cu riglele prefabricate să se facă în afara zonei nodurilor (fig. 18.4, b);

— *cadre cu stâlpi având lungimea egală cu înălțimea etajului*, care au o utilizare mai largă (fig. 18.5);

— *cadre din elemente prefabricate de forme diferite* (T, L, H etc.) cu un număr mai redus de îmbinări, ceea ce poate scurta durata de montaj (fig. 18.6); se recomandă ca structura să fie astfel concepută, încât îmbinările sau cel puțin o parte din ele, să poată rămâne articulate și în starea finală, de exploatare a construcției;

— *cadre cu rigle transversale jumelate* ce trec de ambele părți ale stâlpilor (fig. 18.7), la care se realizează simplificări ale îmbinărilor între stâlpii și riglele prefabricate.

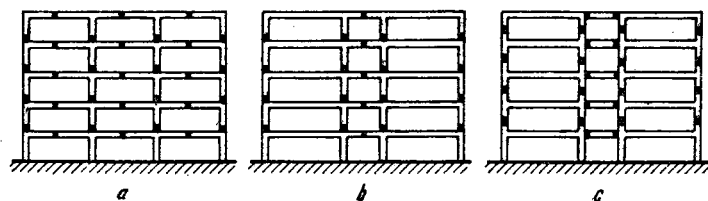
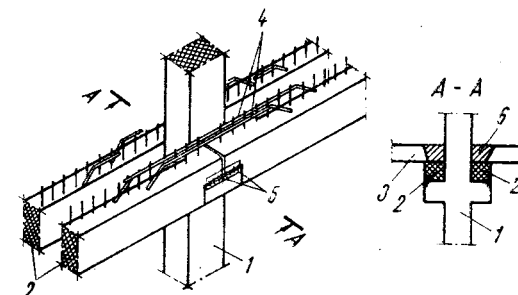


Fig. 18.6. Cadre din elemente prefabricate de forme diferite: a - elemente T și L; b - elemente π; c - elemente H.

Fig. 18.7. Detaliu de îmbinare rigle-stîlp la un cadru cu rigle jumelate:

1 - stîlp prefabricat cu console continue în îmbinare; 2 - rigle jumelate; 3 - planșeu din fișii cu goluri; 4 - armături de continuitate a riglelor în îmbinare; 5 - oțel lat sau corniere pentru solidarizarea riglelor cu consolele stîlpilor; 6 - îmbinarea planșeului pe rigle.



În figura 18.8 se prezintă schema unui cadru din elemente prefabricate de beton armat proiectat de I.S.A.R.T. și experimentat de INCERC — Iași și Catedra de Mecanica Construcțiilor din Facultatea de Construcții — Iași pe platforma seismică mare, în vederea verificării comportării sale la acțiunea cutremurelor.

În concepția cadrelor din elemente prefabricate se recomandă a se evita consolele scurte sau capitellurile de stâlpi, nedorite din cauza cerințelor funcționale sau estetice, la care acoperirea lor printr-un tavan suspendat atrage consecințe tehnico-economice dezavantajoase.

18.2.2.2. Structuri cu cadre parțial prefabricate. Sînt structuri cu planșee și rigle prefabricate, avînd însă stâlpii turnați monolit, de obicei în cofraje

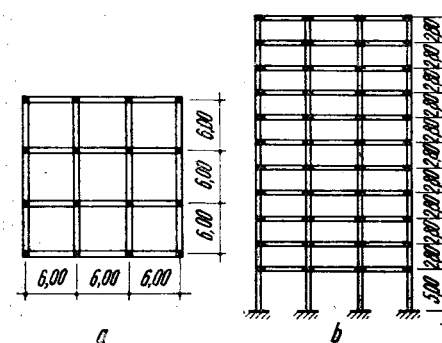
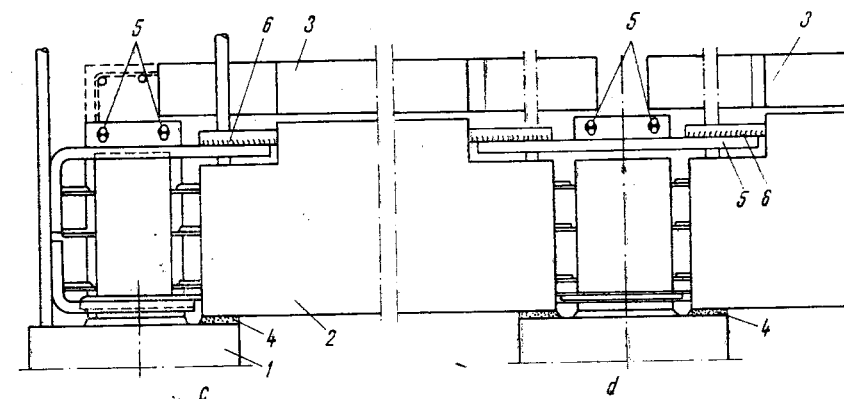


Fig. 18.8. Schema unui cadru prefabricat, utilizat pentru locuințe (proiect I.S.A.R.T.):

a - schema de dispunere a stâlpilor în plan; b - schema secțiunii transversale; c - detaliu de îmbinare rigle-stîlp marginal; d - detaliu de îmbinare rigle-stîlp central; 1 - stîlp prefabricat; 2 - rigle prefabricate; 3 - semipanou cu dinți; 4 - mortar de poză; 5 - eclise; 6 - sudură.



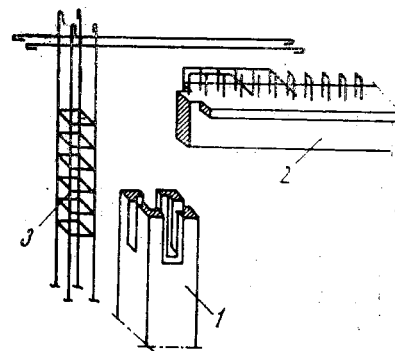


Fig. 18.9. Detaliu de îmbinare între riglă și stîlp la structura cu stîlpi executați în două etape:

1 - stîlp tubular; 2 - riglă prefabricată; 3 - carcasă pentru armarea stîlpului.

Realizarea stîlpilor de cadru în două etape reprezintă o structură interesantă, în prima etapă avînd loc confecționarea lor industrială sub formă de tuburi prefabricate (cu secțiune dreptunghiulară sau circulară), de înălțimea unui etaj, care constituie de fapt un cofraj de beton armat. A doua etapă cuprinde montarea pe șantier a cofrajului de stîlp, tubul, introducerea carcasei de armătură în tub și turnarea betonului. La partea superioară a stîlpilor se prevăd chertări pentru montajul grinzilor prefabricate (fig. 18.9). Acest tip de structură are ca avantaje: eliminarea practic completă a cofrajelor și eșafodajelor, realizarea relativ simplă a nodurilor de cadru, viteză ridicată de execuție și grad ridicat de adaptabilitate. Se obțin însă dimensiuni exterioare relativ mari ale secțiunii stîlpilor, mai ales la clădiri cu număr mare de niveluri.

Ca rigle ale cadrelor se folosesc prefabricate pe ambele direcții, transversală și longitudinală sau numai pe o direcție, cînd se recomandă prefabricarea acelor rigle pe care reazemă elementele de planșeu, iar riglele monolite se betonează odată cu monolitizările și eventual cu suprabetonarea planșeului. Ca secțiuni de rigle se pot folosi: secțiuni dreptunghiulare, T, T întors sau I; ultimele se întîlnesc, mai rar, în cazul clădirilor civile, depinzînd în special de structura și modul de rezemare al planșeelor.

Se pot folosi și cadre cu prefabricarea parțială a riglelor, cînd acestea avînd deschidere mare ar fi prea grele față de capacitatea macaralei. În acest caz, grinzile prefabricate au secțiunea în formă de U și servesc drept cofraj pentru betonarea miezului odată cu monolitizarea planșeului. Această soluție este indicată și în cazul folosirii precomprimării cu cable post-întinse.

Destul de rar, în anumite situații speciale se folosesc la clădiri civile cadre cu stîlpi prefabricați și planșee integral sau parțial monolite, ca de exemplu, în cazul clădirilor cu deschideri mari, la care greutatea mare a riglelor prefabricate creează dificultăți la montaj sau a clădirilor cu parter neregulat, cu o varietate mare, neeconomică de tipuri de prefabricate.

Ca planșee pentru structurile cu cadre prefabricate se folosesc prefabricate sub formă de fișii cu goluri rotunde sau ovale, panouri mari pline sau cu goluri, predale, iar la unele clădiri social-culturale se folosesc chesoane, elemente T sau π care necesită de cele mai multe ori mascarea cu un tavan suspendat.

metalice de inventar și au avantajul că îmbinarea în nodul cadrului se execută comparativ mai ușor decît în cazul stîlpilor prefabricați. Cofrajele metalice ale stîlpilor au fante și reborduri la partea superioară pentru rezemarea riglelor prefabricate în timpul montajului, astfel încît nu mai sînt necesare sprijiniri temporare pentru grinzile prefabricate; pe aceleași cofraje metalice ale stîlpilor și eventual, suplimentar, pe sprijiniri temporare pot rezema cofrajele metalice în care se toarnă riglele cînd sînt executate monolit. Se recomandă acest tip de structură pentru clădiri înalte, cu un număr relativ mare de niveluri, pentru a se evita dificultățile de menținere în poziția de montaj a stîlpilor prefabricați pînă la realizarea îmbinărilor, care necesită un sistem de toleranțe la montaj foarte sever.

Asigurarea funcției de șaibă-diafragmă rigidă, necesară pentru preluarea și transportul acțiunilor orizontale, se realizează la unele planșee prefabricate printr-o suprabetonare generală. În figura 18.10 se prezintă două moduri de rezemare a planșeelor pe riglele prefabricate, deasupra sau pe înălțimea riglelor, cu avantaje și dezavantaje inversate, pentru primul mod de rezemare rezultînd ca avantaje: forma favorabilă a secțiunii riglei, posibilitatea de realizare ușoară a continuității pe reazeme și ca dezavantaj: înălțime totală de construcție mai mare pentru planșeu.

Îmbinările prefabricatelor și realizarea nodurilor de cadru pentru structurile multietajate în cadre prefabricate trebuie concepute, calculate și alcătuite constructiv cu toată atenția, căci determină comportarea mecanică a întregii structuri.

18.3. COMPORTAREA LA ACȚIUNI VERTICALE ȘI ORIZONTALE A STRUCTURILOR DIN CADRE. MECANISMUL DE LUCRU ȘI TRANSPORTUL FORȚELOR VERTICALE ȘI ORIZONTALE

Suprastructura (v. fig. 18.1) are rolul principal de a asigura transportul încărcărilor gravitaționale (permanente și temporare) combinate cu forțele orizontale (vînt, seisme) sau extraordinare (explozii) pînă la nivelul infrastructurii. Se știe că acțiunile orizontale vîntul și curemurile sînt încărcări dinamice și aleatorii care pot fi înlocuite, pentru simplificarea calculului, cu forțe statice echivalente.

Cadrela cu noduri rigide sînt folosite eficient în prezent la structuri cu 15...20 niveluri din cauza dificultăților de preluare a încărcărilor verticale și orizontale, care se accentuează odată cu mărirea deschiderii riglelor și îndeosebi cu creșterea numărului de etaje, care conduc la mărirea rapidă a valorii eforturilor și deci la dimensiuni excesive, neraționale pentru elementele structurii, mai ales pentru stîlpi. Se apreciază că limita maximă actuală pentru structurile din betoane cu mărci curent utilizate poate fi de circa 30 etaje, cînd se ajunge deja la dimensiuni excesive de stîlpi ($1,00 \times 1,20$ m), în raport cu aria aferentă ($5 \times 6 = 30$ m²). Odată cu folosirea betoanelor de înaltă rezistență, înălțimea construcțiilor cu structuri în cadre din beton armat va putea spori la 40...50 niveluri.

Obținerea rezistenței și rigidității necesare construcțiilor multietajate împotriva acțiunilor orizontale se realizează de obicei cu trei tipuri de structuri: cadre, diafragme și tuburi (fig. 18.11), lucrînd separat sau împreună. Odată cu creșterea înălțimii construcțiilor, criteriul de rigiditate la forțe orizontale este mai

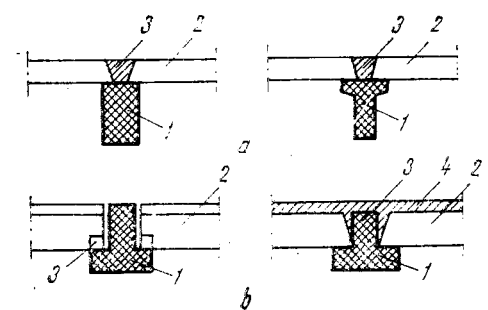


Fig. 18.10. Rezemarea planșeelor pe riglele prefabricate ale cadrelor:

a - deasupra riglelor; b - pe înălțimea riglelor; 1 - riglă prefabricată; 2 - element prefabricat de planșeu; 3 - monolitizare umedă sau uscată; 4 - suprabetonare.

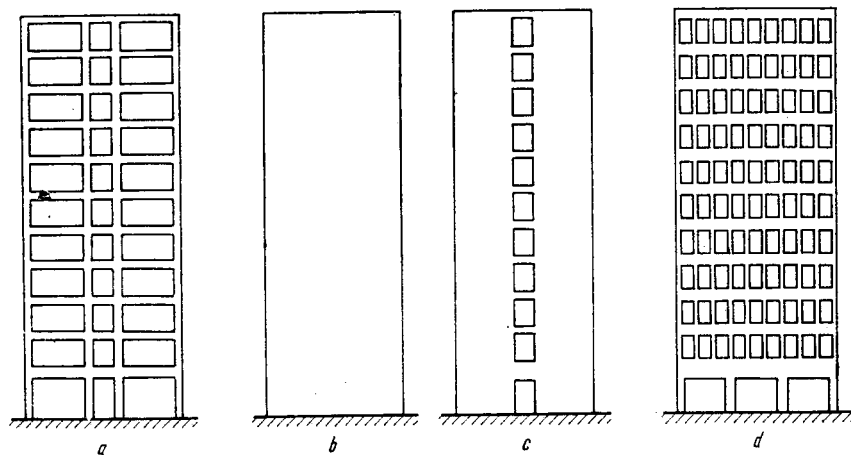


Fig. 18.11. Tipuri de structuri rezistente la acțiuni orizontale, folosite la construcții civile:
a - cadre; b - diafragme pline; c - diafragme cu un șir de goluri; d - tub central și cadre perimetrale.

hotărîtor decît însăși criteriile de rezistență, ceea ce conduce la o importantă creștere de consum de materiale, mai ales de oțel-beton în cazul structurilor în cadre tradiționale (fig. 18.12) și justifică astfel folosirea noilor structuri de beton armat (diafragme, mixte, tuburi etc.).

Criteriul de rigiditate laterală a structurilor multietajate și înalte asigură condițiile normale de exploatare a clădirilor sub acțiunea forțelor orizontale, cum sînt: evitarea deteriorării elementelor de compartimentare și închidere, a instalațiilor și finisajelor, ca și a senzației neplăcute rezultată din perceperea oscilațiilor construcției.

Structurile în cadre sînt flexibile și suportă astfel cu ușurință efectele eventualelor tasări inegale ale terenului de fundație, astfel că elementele structurale prezintă o fisurare mult mai redusă decît structurile rigide cu diafragme, în condiții similare în ceea ce privește terenul de fundare.

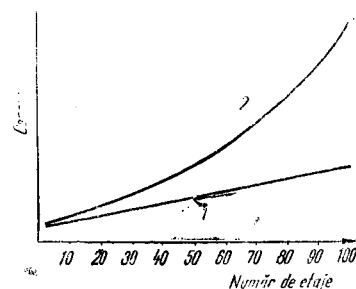


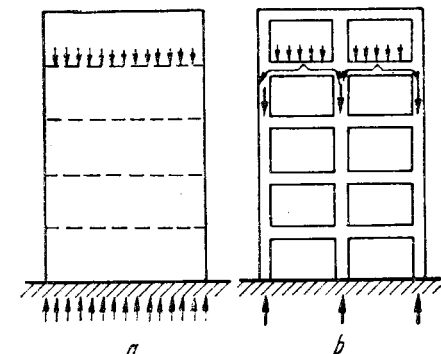
Fig. 18.12. Variația consumului de oțel-beton cu înălțimea construcției la structuri în cadre din beton armat:
1 - solicitare numai la încărcări verticale;
2 - solicitare la încărcări verticale și orizontale.

18.3.1. COMPORTAREA CADRELOR LA ACȚIUNI VERTICALE

Transportul încărcărilor verticale de la planșee pînă la fundații se face pe căi deosebite la structurile cu pereți portanți față de structurile cu schelet, astfel (fig. 18.13) [30]:

— la structurile cu pereți portanți transmiterea încărcărilor verticale se face pe o cale directă prin solicitarea la compresiune excentrică a pereților portanți;

Fig. 18.13. Schemă principală pentru transportul încărcărilor verticale, gravitaționale:
a - la structurile cu pereți portanți; b - la structurile cu cadre.



— la structurile în cadre, această transmitere se face pe cale indirectă prin solicitarea predominantă la încovoiere a riglelor și la compresiune excentrică a stîlpilor.

În general, rețeaua de grinzi a planșeelor se încarcă prin intermediul plăcilor de planșeu (armate după una sau două direcții) aproximativ după regula arilor aferente, care conduce de obicei la cele patru tipuri de încărcări curent întîlnite (fig. 18.14). Întreaga încărcare gravitațională ($g + p = q$) poate fi considerată în prezent pentru clădirile administrative, birouri, hoteluri, locuințe etc. cu materialele actuale folosite pentru structurile de beton armat și pentru pereții despărțitori egală cu $1,1 \dots 1,5 \text{ kN/m}^2$ [26].

Determinarea momentelor din riglele și stîlpii cadrelor se poate face aproximativ pentru predimensionări sau exact folosind metodele staticii construcțiilor pentru structurile static nedeterminate.

18.3.1.1. Calculul aproximativ al cadrelor la încărcări verticale. În proiectarea curentă există diverse metode aproximative care stabilesc momentele în riglele și stîlpii cadrelor pentru calcule de predimensionare a structurilor.

Una din metodele des utilizate în care momentele pe stîlpi se stabilesc proporțional cu rigiditatea lor, în funcție de momentele din rigle, indică următoarea succesiune a operațiunilor [26]:

— se determină încărcările uniforme distribuite echivalente pe rigle, q_{ech} , ținînd seama de schemele de încărcare din figura 18.14;

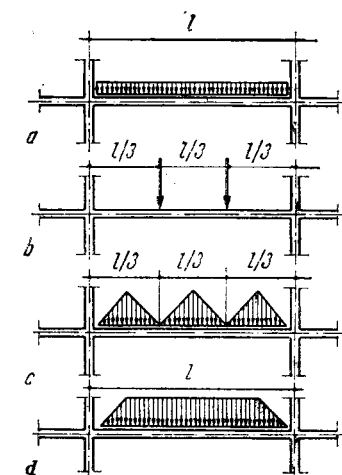


Fig. 18.14. Tipuri de încărcări verticale pentru grinzile de cadru după regula arilor aferente:

a - încărcare uniform distribuită din greutatea proprie a grinzii sau din pereții despărțitori amplasați pe grindă; b - încărcări concentrate din reacțiunile eventualelor grinzi secundare care necesită reconsiderarea arilor aferente; c - încărcări triunghiulare, în cazul plăcilor pătrate sau pe latura scurtă a plăcilor dreptunghiulare; d - încărcări trapezoidale de pe latura scurtă a plăcilor dreptunghiulare.

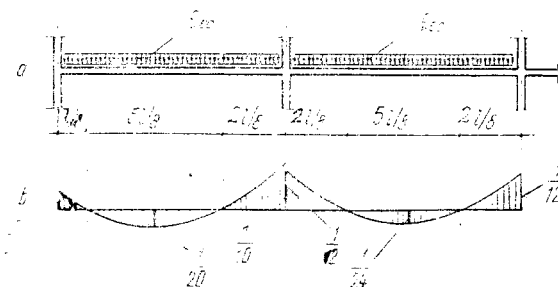


Fig. 18.15. Schema de calcul a valorilor momentelor pe rigla cadrului:
a - schema de încărcare; b - diagrama de momente.

- pentru cadrele cu deschideri egale se consideră că punctele de moment nul sunt situate la sferturile deschiderilor pentru nodurile centrale și la optimele deschiderilor pentru nodurile marginale (fig. 18.15, a);
- valorile momentelor pe rigle se iau cele din figura 18.5, b multiplicat cu factorul de încărcare $q_{ech} l^2$;
- valorile momentelor din stâlpii centrali se consideră nule;
- valorile momentelor din stâlpii marginali se determină prin distribuirea momentului $q_{ech} l^2/20$ la cei doi stâlpi, proporțional cu rigiditatea lor liniară (fig. 18.16):

$$M_s = \frac{i_s}{i_s + i_i} \frac{q_{ech} l^2}{20}; \quad M_i = \frac{i_i}{i_s + i_i} \frac{q_{ech} l^2}{20}, \quad (18.1)$$

unde:

$$i_s = \frac{I_s}{l_s} \text{ și } i_i = \frac{I_i}{l_i}; \quad (18.2)$$

- cind grinzile cadrului pe direcția transversală sînt inegale, momentele din grinda centrală cu deschidere mică se determină considerînd grinda centrală încastrată și încărcată cu momentele exterioare ale riglelor din cimpurile adiacente (fig. 18.17, a) iar diferența de momente a grinzii marginale și centrale în nod se echilibrează prin momente în stâlpi, proporțional cu rigiditățile lor (fig. 18.17, b).

Normele germane (DIN — 1 045, punctul 28) indică următoarea metodă de calcul aproximativ a cadrelor solicitate la încărcări verticale:

- stâlpii interiori se consideră solicitați numai la compresiune, neglijîndu-se acțiunea de cadru;
- stâlpii de margine se consideră ca stâlpi de cadru;
- momentul la capătul riglei marginale (fig. 18.18) se calculează cu relația:

$$M_3 = M_2 \frac{C_s + C_i}{1 + C_s + C_i}, \quad (18.3)$$

unde M_2 este momentul pe reazem al grinzii încastrate;

$$C_s = \frac{l}{h_s} \frac{I_s}{I_r} = \frac{i_s}{i_r}; \quad (18.4)$$

$$C_i = \frac{l}{h_i} \frac{I_i}{I_r} = \frac{i_i}{i_r}; \quad (18.5)$$

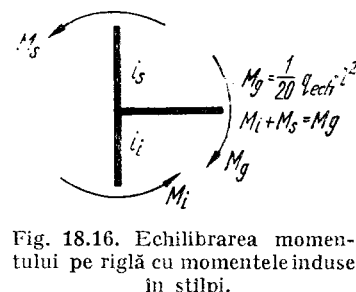


Fig. 18.16. Echilibrarea momentului pe rigla cu momentele induse în stâlpi.

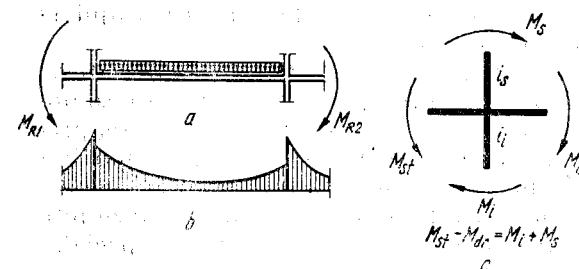


Fig. 18.17. Stabilirea momentelor pe grinda centrală mai mică la cadre cu deschideri inegale:
a - schema de încărcare a grinzii centrale; b - diagrama de momente pe grinda centrală; c - stabilirea momentelor în stâlpi prin echilibrarea nodului.

I_r este momentul de inerție al grinzii cadrului;

l — lungimea grinzii de margine;

I_s, I_i — momentele de inerție ale stâlpilor, superior și inferior;

h_s, h_i — lungimile stâlpilor, superior și inferior;

— momentul la capătul superior al stîlpului inferior se calculează cu relația:

$$M_i = M_3 \frac{C_i}{1 + C_s + C_i}; \quad (18.6)$$

— momentul la capătul inferior al stîlpului superior se calculează cu relația:

$$M_s = -M_3 \frac{C_s}{1 + C_s + C_i}. \quad (18.7)$$

18.3.1.2. Calculul exact al cadrelor la încărcări verticale. Determinarea exactă a eforturilor secționale din grinzi (M, T) și stâlpi (M, N) se face prin metodele staticii construcțiilor pentru structurile static nedeterminate: metoda eforturilor, metoda deplasărilor sau cu ajutorul programelor de calcul.

Metoda deplasărilor în formulare matricială se poate aplica tuturor categoriilor de structuri plane și spațiale din bare, ceea ce presupune existența unor calculatoare electronice de mare capacitate datorită dimensiunilor mari ale matricei de rigiditate. Pentru a face posibilă utilizarea unor calculatoare electronice de capacitate medie este indicată rezolvarea structurii pe substructuri plane sau spațiale. În particular, dacă structura este dezvoltată pe o singură direcție, cum este cazul structurilor înalte, matricea de rigiditate capătă forma particulară a matricei cvasidiagonale sau matricei bandă, iar rezolvarea structurii se reduce la rezolvarea pe cale recursivă a unui sistem de n ecuații (n = număr de niveluri) cu 3 necunoscute. Acest procedeu prezintă avantajul că timpul necesar pentru rezolvarea pe cale recursivă a sistemului de ecuații crește liniar cu numărul de etaje, spre deosebire de timpul necesar inversării matricei de rigiditate, care este proporțional cu cubul dimensiunii acestei matrice.

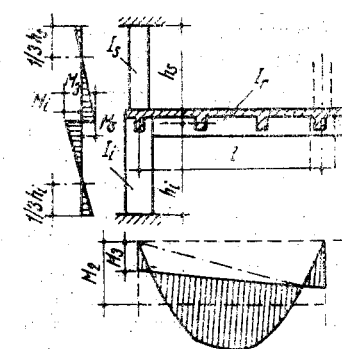


Fig. 18.18. Evaluarea pentru pre-dimensionare a momentelor în rigla și stâlpii cadrului, în deschiderea marginală (după DIN-1 045).

Formele iterative ale metodei deplasărilor folosite la determinarea momentelor în stâlpii și riglele cadrelor sînt :

— metoda Csonka, în care convergența crește la structurile cu stâlpii mai rigizi ca riglele, dar complică schema de calcul ;

— metoda Haller-Kranl, în care se lucrează separat cu cele două categorii de necunoscute ale metodei deplasărilor, deci rezultă necesitatea de a folosi două variante ale sistemului de bază geometric nedeterminat (noduri blocate, grade de libertate blocate), aplicate alternativ. Convergența este cu atît mai bună cu cît riglele cadrului sînt mai rigide în raport cu stâlpii. În general, convergența este mai slabă, dar poate fi îmbunătățită dacă se introduc, ca faze intermediare, distorsiuni ; eficiența fazei intermediare se manifestă, în special, la primele cicluri de calcul ;

— metoda Cross, care în cazul structurilor înalte conduce la rezolvarea, în treapta a II-a, a unui sistem de n ecuații cu n necunoscute, stabilit de condițiile de echilibru static (ecuații de grade de libertate).

18.3.2. COMPORTAREA CADRELOR LA ACȚIUNI ORIZONTALE

Acțiunile orizontale (vînt, seisme etc.) se consideră în mod schematic că sînt aplicate la nivelul planșeelor. Ca și în cazul încărcărilor verticale, scurgerea sau transmiterea celor orizontale se face, în general, pe același drum : suprastructură, infrastructură și în continuare la terenul de fundație.

Cadrelor supuse la acțiuni orizontale prezintă un mod general de deformare prin forfecare, deplasarea relativă de nivel fiind în primul rînd dependentă (proporțională) cu forța tăietoare de nivel.

În figura 18.19 se prezintă modurile caracteristice de deformare laterală de ansamblu, sub acțiunea forțelor orizontale, prin forfecare sau încovoiere a structurilor predominant încovoiate (diafragme) sau forfecate (cadre).

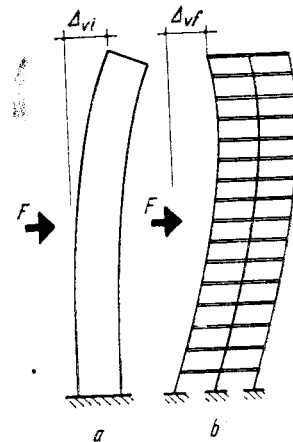


Fig. 18.19. Deformarea structurilor supuse la încărcări orizontale :

a — diafragme, cu deformare preponderentă la încovoiere ; b — cadru cu noduri rigide, cu deformare preponderentă prin forfecare.

$$R_i = \frac{T_i}{\Delta_i} \text{ [kN/cm]} \quad (18.8)$$

Conceptul de rigiditate relativă de nivel, introdus încă din 1922 în Japonia de Naito și Muto, a fost folosit în țara noastră și generalizat din punct de vedere teoretic de către cons. ing. Em. Țîțaru, prof. ing. A. Cișmigi u [26] și de prof. dr. ing. M. I frim (60).

Cadrelor cu noduri rigide pot prelua în totalitate acțiunile orizontale din vînt sau cutremure, manifestînd o bună comportare seismică, datorată mai ales ductilității lor sporite, care trebuie însă realizată prin detalieri constructive adecvate. Totodată, cadrele sînt supuse la încărcări seismice mai reduse în comparație cu

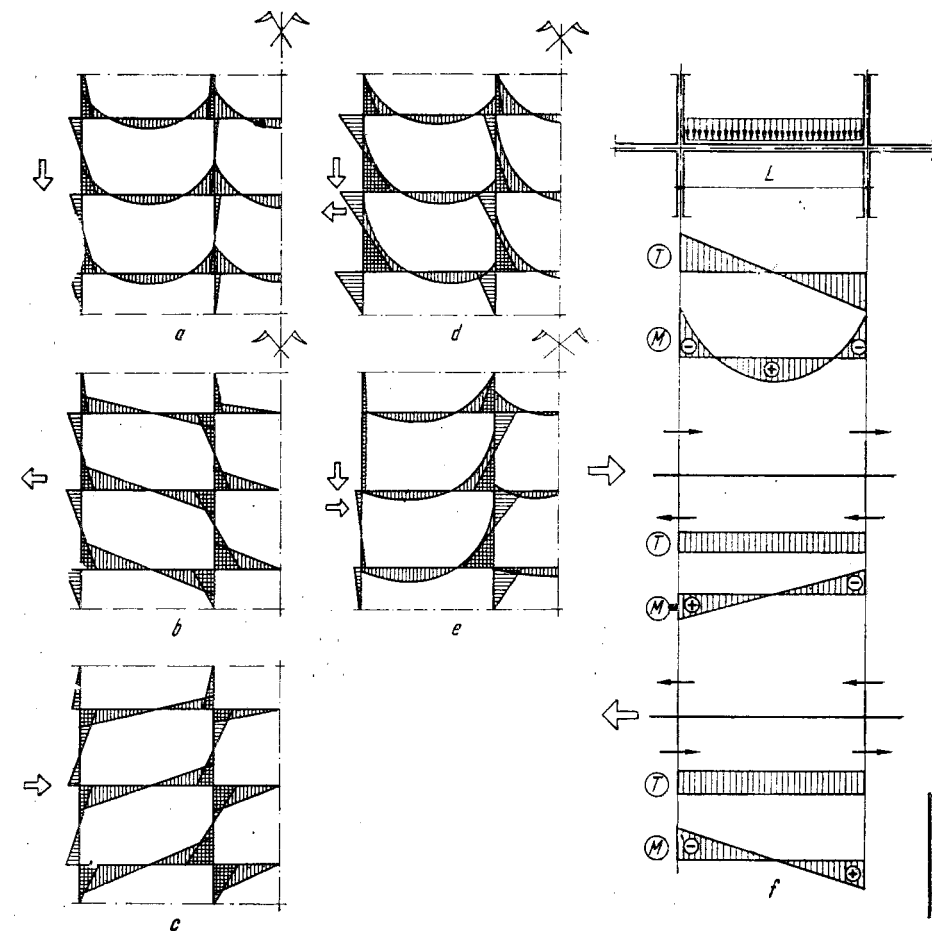


Fig. 18.20. Starea de eforturi în stâlpii și riglele cadrelor cu noduri rigide : a — diagrama de momente pe cadru din încărcările verticale ; b — diagrama de momente pe cadru din încărcarea orizontală acționînd spre stînga ; c — diagrama de momente pe cadru din încărcarea orizontală acționînd spre dreapta ; d — diagrama de momente cumulate a + b ; e — diagrama de momente cumulate a + c ; f — diagramele de forțe tăietoare și momente pe rigle sub acțiunea încărcărilor verticale și orizontale.

structurile rigide din diafragme situate pe același amplasament, deoarece au deformabilitate și flexibilitate mai mare.

Nodurile cadrelor sînt puternic solicitate din acțiunile orizontale și verticale (fig. 18.20), astfel că rezistența îmbinărilor stîlpilor și riglelor în nodurile cadrului, în zona cărora se dezvoltă cele mai mari eforturi, condiționează buna comportare a structurilor în cadre [26].

Determinarea aproximativă a eforturilor secționale în rigle (M , T) și stâlpi (M , N) se face considerînd acțiunile orizontale aplicate la nivelul planșeelor, astfel încît forța tăietoare este constantă pe înălțimea unui etaj (nivel) iar variația momentului este liniară și asemănătoare cu diagrama momentelor unui stîlp încastrat la ambele capete și deplasat relativ cu Δ (fig. 18.21). Calculul de *predimensionare*, simplificat, al eforturilor secționale din stâlpii și riglele cadrului se poate conduce admițînd că punctul de moment nul este la jumătatea înălțimii etajului.

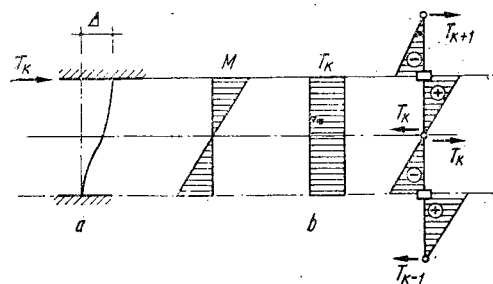


Fig. 18.21. Diagrama de momente pe un stîlp sub acțiunea forțelor orizontale aplicate la nivelul planșelor:

a — stîlp încastrat la ambele capete și supus la o deplasare relativă Δ ; b — diagrama de momente în stîlpul k de la etajul i, considerînd forța tăietoare constantă pe înălțimea nivelului și punctul de moment nul situat la jumătatea etajului.

Forțele orizontale dau naștere unui moment de răsturnare în orice secțiune, care se echilibrează prin *acțiunea indirectă* a eforturilor axiale din stîlpi reprezentată în figura 18.22, în care se prezintă un cadru secționat orizontal în dreptul punctelor de anulare a momentelor; se deduce că pentru echilibrarea momentului de răsturnare dat de forțele orizontale, M_i , se dezvoltă în stîlpii cadrului de la etajul i un ansamblu de eforturi axiale, al căror tensor se reduce la un cuplu de moment, egal și de semn contrar cu momentul de răsturnare. În figura 18.23 se arată modul de echilibrare a momentului de răsturnare la baza structurii, din care se observă că momentul de echilibrare (stabilitate), M_0 , în cazul stîlpilor încastrați în fundație este reprezentat de cuplul eforturilor axiale din stîlpii articulați, la care se adaugă suma momentelor de încastrare în fundație $\left(T_0 \frac{h}{2}\right)$ [26].

Un calcul mai exact al structurilor în cadre supuse la acțiuni orizontale se poate face folosind [60]:

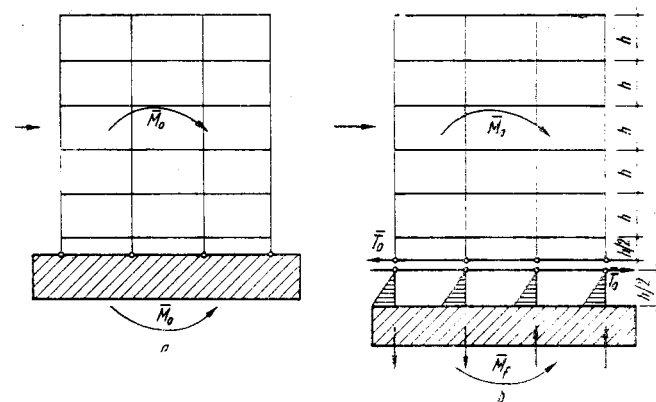


Fig. 18.23. Echilibrarea momentului de răsturnare al cadrelor produs de încărcările orizontale cu momentul de stabilitate:

a — cu stîlpi articulați în fundație; b — cu stîlpi încastrați în fundație.

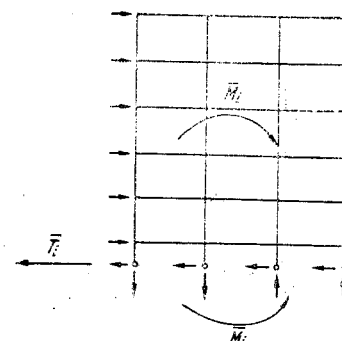


Fig. 18.22. Schema de principiu a echilibrării momentului de răsturnare al cadrelor sub acțiunea încărcărilor orizontale.

— metoda deplasărilor în formulare matricială, în care se elimină necunoscutele pe direcția coordonatelor după care nu acționează încărcări (deplasări pe verticală și rotiri);

— metoda localizării directe a poziției punctelor de inflexiune, care se aplică în cazurile în care momentele provenite din forțele laterale nu depășesc, procentual 35% din momentele ce rezultă din acțiunea încărcărilor gravitaționale. În această metodă se consideră că datorită unor acțiuni laterale aplicate în noduri, un cadru se deformează de așa manieră încît fibra medie va prezenta puncte de inflexiune pe lungimea fiecărui stîlp și în deschiderea fiecărei rigle. În general, prin aplicarea acestei metode rezultă întotdeauna în stîlpii marginali momente încovoietoare mai mari, iar în cei interiori momente încovoietoare mai mici, față de un calcul condus printr-o metodă exactă;

— metoda stabilirii prin calcul a poziției punctelor de inflexiune, care este cunoscută în literatura de specialitate sub denumirea de metoda A I J (Arhitectural Institute of Japan) și se bazează pe cercetările efectuate de K. M u t o. Localizarea punctelor de inflexiune se face în funcție de rigiditățile elementelor (stîlpi și grinzi), care caracterizează deformabilitatea unui anumit etaj;

— metoda factorului a fost stabilită de J.B. W i l b u r și este specifică calculului cadrelor multietajate solicitate de forțe orizontale aplicate în noduri. Această metodă poate fi considerată o variantă aproximativă a metodei generale a deplasărilor, care permite determinarea directă a momentelor încovoietoare din stîlpii unui cadru în funcție de momentele de etaj.

Eforturile axiale în stîlpi din *acțiunea indirectă*, N_0 , se adaugă la eforturile axiale din acțiunea gravitațională, rezultînd efortul total:

$$N_i = N_g \pm N_0; \quad (18.9)$$

semnul $\pm$ indică acțiunea forțelor orizontale din ambele sensuri în cazul încărcării seismice. În aceste condiții, stîlpii cadrului se încarcă și se descarcă alternativ în cazul unui cutremur și de aceea rigiditatea elementelor verticale trebuie proiectată corect și cu atenție pentru a evita ca stîlpii, care sînt solicitați de forțe axiale mari din acțiunea indirectă, să lucreze ca tiranți ($N_0 > N_g$) sau să se supraîncarce la compresiune peste limita admisă.

La clădirile de locuit și la unele clădiri social-culturale se folosesc planșee dală, care prezintă o serie de avantaje: tavan neted, cofrare ușoară. Planșeele ciupercă, care sînt de asemenea planșee fără grinzi, avînd numai capitelluri în dreptul stîlpilor, se folosesc numai la unele clădiri social-culturale, cu spații largi și înalte, de exemplu la foaierele sălilor de spectacole unde există posibilitatea tratării capitellurilor cu elemente decorative. În cadrul utilizării structurii cu stîlpi și planșee dală groasă, se recomandă prevederea în proiecte a măsurilor care să asigure buna comportare a structurii la forțe orizontale. Aceste planșee fiind lipsite de rigle și de noduri rigide de cadru, necesită elemente structurale speciale de contravîntuire: contravîntuiri din bare-grinzi cu zăbrele verticale; cadre cu noduri rigide de contravîntuire; pereți de contravîntuire; structuri mixte cu diafragme sau nuclee rigide etc. (fig. 18.24), [41]. După cum se știe, contravîntuirile sînt elemente structurale care au funcția principală de transmitere a forțelor orizontale (vînt, seisme) la terenul de fundație.

Cu ajutorul contravîntuirilor (stîlpi, cadre etc.) se limitează deplasarea la virful structurii la $1/500 \dots 1/1000$ din înălțimea de deasupra fundației, funcția principală a oricărei contravîntuiri constînd în reducerea și limitarea pînă la valoarea admisă a deplasărilor structurii.

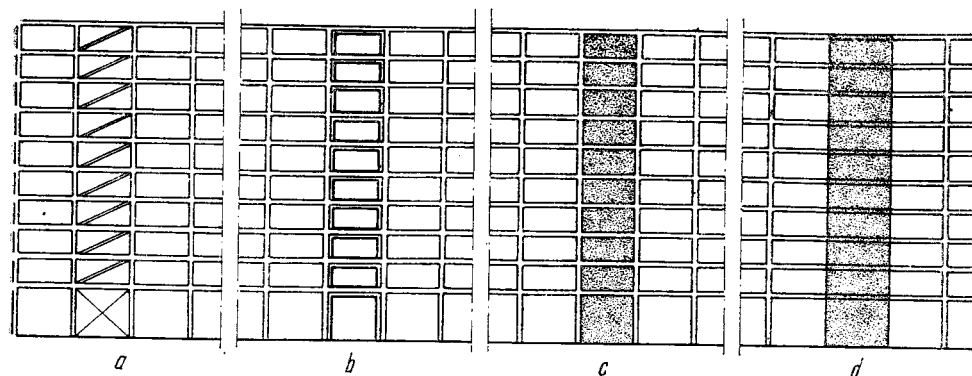


Fig. 18.24. Scheme de contravîntuire la structuri cu stîlpi și planșee dală :
a - contravîntuire cu bare; b - cadre cu noduri rigide; c - pereți de contravîntuire; d - contravîntuire cu diafragme.

În figura 18.25 se prezintă schematic și comparativ eforturile principale dezvoltate în diafragme sub acțiunea forțelor gravitaționale și orizontale : forțe axiale, moment de răsturnare, moment încovoietor și forțe tăietoare [41].

Presiunea dinamică dată de vînt sporește odată cu înălțimea iar acțiunea forțelor orizontale a vîntului devine preponderentă față de cea a forțelor gravitaționale. Forțele orizontale solicită structura cu diafragme (fig. 18.26) ca pe o consolă încărcată cu forțe laterale [41]. Pentru structuri prea zvelte, cu înălțime mare față de lățime, se folosesc sisteme suplimentare sau integrale de transmitere a forțelor laterale (fig. 18.27) [41]. În general, structurile cu pereți portanți (de zidărie, panouri mari, fișii prefabricate, diafragme de beton armat monolit) se comportă la acțiuni laterale ca structuri încovoiate, în timp ce structurile în cadre, ca structuri forfecate.

La structurile în cadre se pot folosi și planșee mixte, cu predală prefabricată și completată prin turnare de beton monolit, chiar pentru rețele de stîlpi cu dimensiuni mari (fig. 18.28) [108].

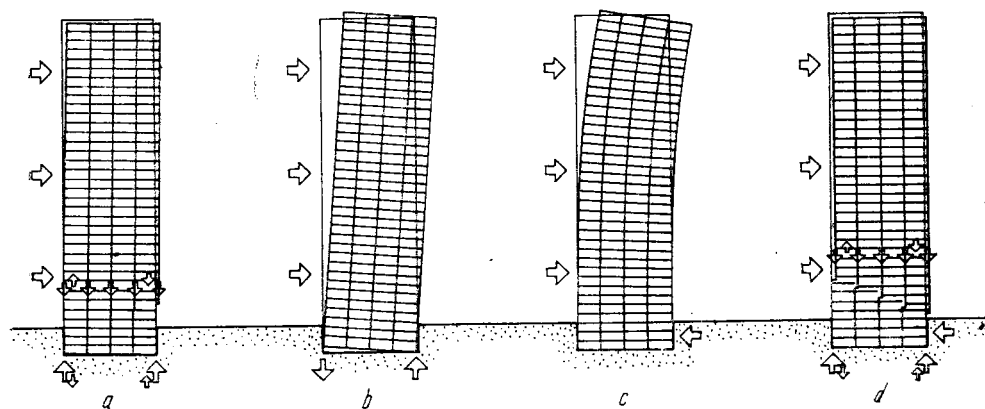


Fig. 18.25. Eforturi și moduri de deformare pentru structuri încovoiate supuse la acțiunea forțelor gravitaționale și orizontale :
a - forțe axiale de compresune; b - moment de răsturnare; c - moment încovoietor; d - forță tăietoare.

Fig. 18.26. Solicitări în diafragme, provenind din încărcări orizontale :
a - moment încovoietor; b - moment de răsturnare; c - forță tăietoare.

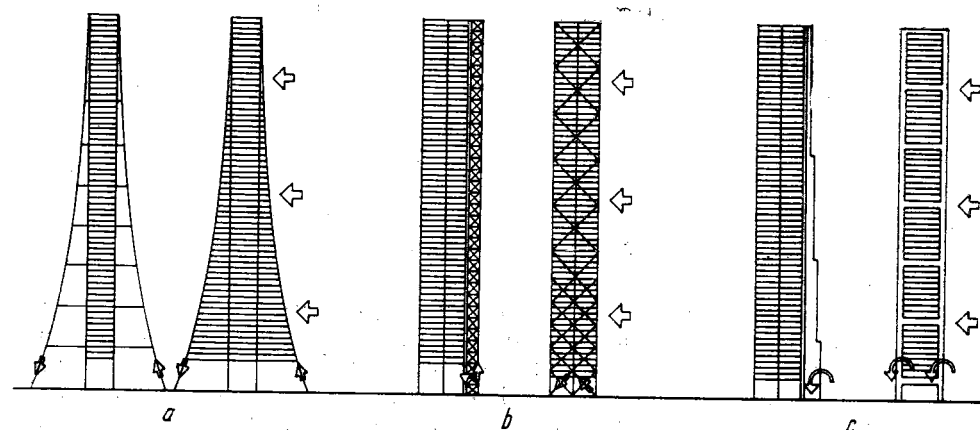
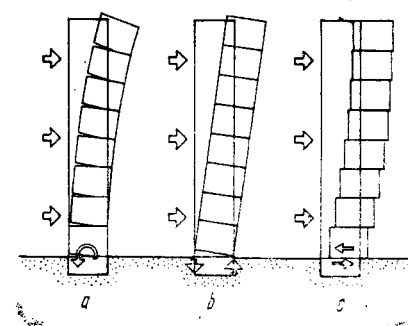
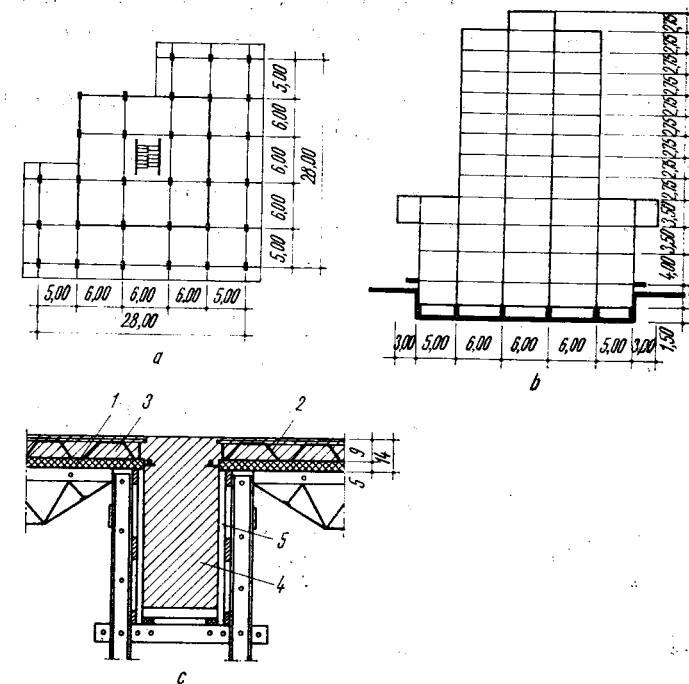


Fig. 18.27. Sisteme suplimentare și integrale de transmitere a forțelor orizontale :
a - cu cabluri; b - cu grinzi cu zăbrele verticale; c - cu contraforți sau rigidizări puternice amplasate marginal.

Fig. 18.28. Structură în cadre cu planșee predală, proiectată de ICPRM - Iași :

a - plan dispoziție stîlpi; b - secțiune verticală; c - detaliu de planșeu cu predală prefabricată din beton armat; 1 - predală; 2 - ferma de rigidizare a predalei; 3 - placă de beton armat turnată monolit (suprabetonarea predalei); 4 - rigla monolită a cadrului; 5 - cofraj.



18.3.3. COMPORTAREA STRUCTURILOR ÎN CADRE LA ACȚIUNEA CONCOMITENTĂ A FORȚELOR GRAVITAȚIONALE ȘI ORIZONTALE

Toate acțiunile gravitaționale sau laterale, aplicate unei structuri la diferite niveluri, trebuie să se transmită pe același drum: structură → infrastructură → terenul de fundație.

Într-o secțiune oarecare a unei structuri elastice se dezvoltă în ansamblu, din acțiunea simultană a forțelor gravitaționale și laterale, următoarele *eforturi globale*, care solicită elementele componente ale structurii (fig. 18.29):

— efortul normal global, N , care reprezintă suma forțelor gravitaționale de la vârful clădirii până la secțiunea considerată;

— momentul încovoietor global, M , al forțelor orizontale, aplicate de la vârful structurii până în secțiunea considerată. Momentul de răsturnare al forțelor laterale considerat la parterul clădirii reprezintă efectul global de răsturnare al întregii clădiri, denumit în limba engleză *overturning moment*; se poate calcula de asemenea, un moment de răsturnare în raport cu baza clădirii, M_f , la nivelul contactului teren — structură;

— forța tăietoare globală, T , care reprezintă suma forțelor orizontale, cumulate de la vârful clădirii până la secțiunea considerată și care foarfecă clădirea pe ansamblu. Grupul de eforturi secționale M și T reprezintă încovoierie simplă, adică efectul global al încovoierii cu forța tăietoare;

— momentul de răsucire global, M_r , care are expresia: $M_r = Te$, unde e este excentricitatea forței tăietoare (forța laterală totală). Acest moment de torsion (răsucire) apare atunci când planșeul reprezintă un element structural capabil de a transmite și repartiza eforturile din încărcările orizontale, existând între elementele sale componente suficiente legături pentru a asigura conlucrarea spațială și modul său de lucru ca o diafragmă orizontală, rigidă, indeformabilă, capabilă să transmită efectele de torsiune generală. În acest caz, aceste efecte sunt produse, în general, de excentricitatea centrului maselor față de centrul de rigiditate, ca și de oscilațiile de torsiune provocate de caracterul nesincron al mișcării seismice în diferitele puncte de legătură dintre construcție și teren.

Centrul de rigiditate sau centrul de rotație al ansamblului format din totalitatea elementelor verticale de rezistență este centrul de greutate al rigidităților acelor elemente forfecate de forța laterală totală (denumit și centrul intrinsec al secțiunii de la un nivel oarecare al structurii). În calculele *simplificate* la acțiunea încărcărilor seismice, efectele de torsiune se apreciază prin alegerea la fiecare

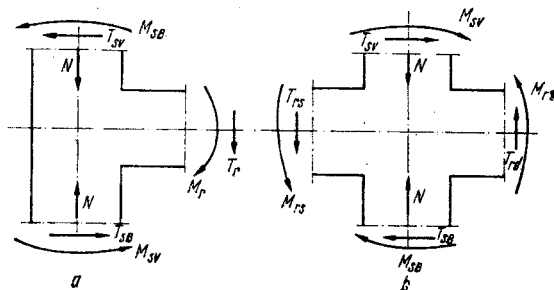


Fig. 18.29. Eforturi globale în structură sub acțiunea forțelor gravitaționale și orizontale:

a — într-un nod marginal; b — într-un nod central.

nivel a punctului de aplicație al rezultantei încărcărilor seismice, situate față de centrul de rigiditate la o distanță (fig. 18.30):

$$e = e_1 + e_2, \quad (18.10)$$

unde e_1 este excentricitatea maselor față de centrul de rigiditate;

$e_2 = 0,05 B$, pentru construcții de tip curent;

$e_2 = 0,075 B$, pentru construcții cu o distribuție în plan a elementelor de rezistență deformabilă din punctul de vedere al preluării torsiunii de ansamblu (structuri cu diafragme de rigiditate având pereți de capăt slăbiți, structuri cu nucleu central de rigiditate etc.);

B — dimensiunea maximă a construcției măsurată pe secțiunea considerată perpendicular pe direcția de acțiune a încărcării seismice.

Problema torsiunii capătă o importanță deosebită în cazul când structura prezintă nesimetrie geometrică sau mecanică și are dimensiuni mari, iar asigurarea indeformabilității planșeului ca saibă rigidă necesită o atenție deosebită pentru simetria structurii, stabilirea de măsuri constructive și efectuarea de verificări speciale de rezistență și stabilitate.

În figura 18.31 se prezintă o structură în cadre cu rețea de stâlpi la distanțe mari și nesimetrică, la care alcătuirea nodului și planșeului necesită măsuri speciale de rigidizare. Stâlpii monoliți se execută în două etape, miezul fiind turnat într-o coajă de beton armat; grinzile sunt prefabricate iar planșeul este realizat dintr-o predală suprabetonată.

Pentru clădiri înalte, multietajate sau acoperișuri de deschideri mari, se folosesc în țara noastră și structuri din *beton armat cu armătură rigidă* (profiluri metalice). Astfel a fost realizat corpul central al Casei Științei, parterul magazinului Unic din București și alte construcții la care se remarcă comportarea bună a stâlpilor din beton armat cu armătură rigidă la preluarea acțiunii simultane a eforturilor principale N , M și T .

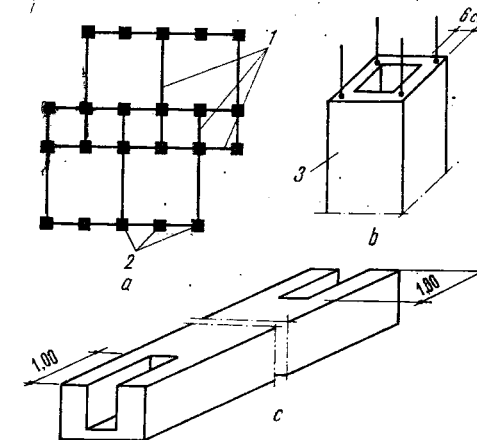


Fig. 18.31. Structură în cadre cu distribuție nesimetrică a stâlpilor și cu deschideri mari: a — schema dispoziției stâlpilor în plan; b — detaliu de stâlp prefabricat cu gol interior; c — detaliu de grindă prefabricată; 1 — grinzi; 2 — stâlpi; 3 — cofraj prefabricat pentru stâlpi care se realizează în două etape.

18.4. ÎMBINĂRI LA NODURILE CADRELOR DIN BETON ARMAT

Caracteristica principală a structurilor în cadre este că barele care alcătuiesc nodurile respectă condițiile de compatibilitate a deformatelor în sensul că:

— barele ce converg într-un nod rigid au rotirile secțiunilor de capăt egale și aceeași translație pe o direcție oarecare;

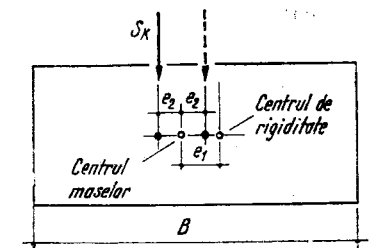


Fig. 18.30. Determinarea excentricității rezultantei forței laterale totale.

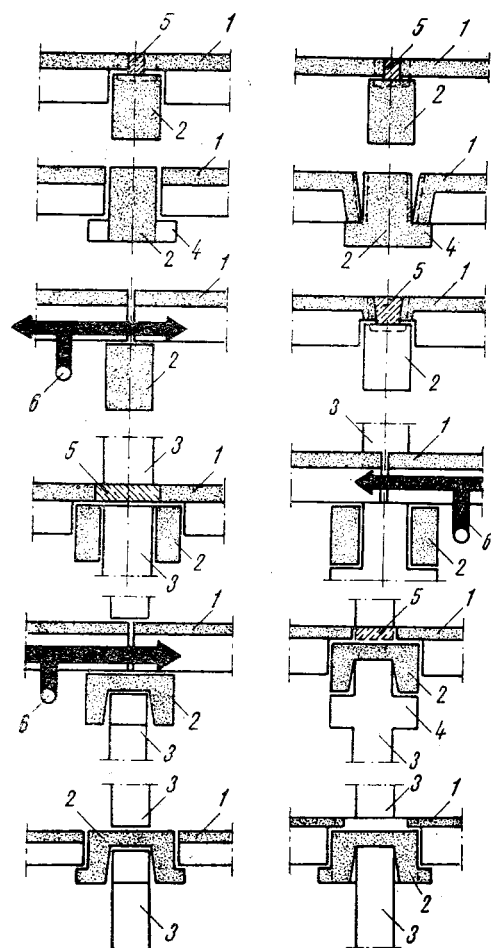


Fig. 18.32. Posibilități de rezemare a planșelor pe rigle și de montare a unor instalații:
— planșă prefabricată; 2 — grinzi; 3 — stâlp;
— conso; 4 — monolitizare; 5 — conducte pentru instalații.

- capacitate de preluare și transmitere a eforturilor din îmbinare;
- evitarea apariției concentrărilor de eforturi;
- urmărirea deformatelor teoretice a structurii, fără a permite deplasări relative ale elementelor, cu rotații suficient de mici, admise pentru construcții exploatate în condiții normale;
- ductilitatea corespunzătoare pentru acțiuni seismice importante;
- folosirea de prefabricate cu toleranțe normale, cu posibilități eventuale de corectări ale erorilor de execuție, cu centrare și montare ușoară, fără sprijiniri provizorii etc.

Soluțiile adoptate satisfac optim cerințele considerate ca cele mai importante, în funcție de ierarhizarea lor, satisfacerea simultană a tuturor acestor cerințe neputând fi practic posibilă.

— barele ce converg într-un nod articulată au aceeași translație, rotirea relativă între bare fiind liberă.

Elementele prefabricate (stâlpi, rigle, planșee) folosite la structurile în cadre se concep cu respectarea recomandărilor privind alegerea sistemului și tipului de îmbinare, alcătuirea constructivă, transportul și montajul, coordonarea modulară și toleranțele, ca și indicațiile privind concepția, calculul și execuția îmbinărilor: posibilitatea de montare a armăturilor, asigurarea rezemării, preluarea încărcărilor locale pe suprafețele de rezemare și apariția unor forțe de întindere din despicarea betonului (fandaj), prevederea posibilităților de ajustare și centrare și prevederea caracterului special al solicitării din îmbinare (de exemplu, preluarea forțelor tăietoare pe direcție orizontală sau verticală) etc.

Posibilitățile de rezemare a planșelor pe rigle sînt multiple (fig. 18.32), în unele cazuri creîndu-se rezemări speciale pentru montarea unor instalații.

Îmbinarea elementelor structurale prefabricate (stâlpi, rigle) și realizarea nodului de cadru constituie o problemă esențială și caracteristică structurilor etajate prefabricate, pentru care există numeroase rezolvări, care urmăresc corelația justă între tipul de îmbinare ales și funcționarea sa în ansamblul structurii.

Ca cerințe principale pentru îmbinările structurilor prefabricate se menționează:

Îmbinările se deosebesc după:

- tipul elementelor ce se assemblează (stîlp-fundație; stâlpii între ei; stâlpii cu riglele etc.);
- caracteristicile statice ale îmbinării, determinate de schema statică de ansamblu a structurii;
- tehnologia de execuție a îmbinărilor, corelată cu schema statică luată în considerare și cu gradul de precizie adoptat, îmbinările putînd fi: *umede* (din beton armat turnat monolit), *uscate* (prin sudarea sau bulonarea unor piese metalice) sau *prin precomprimare* [30].

18.4.1. ÎMBINĂRI UMEDE

Îmbinările umede imprimă, în general, un caracter monolit structurilor, dar nu satisfac decît parțial condițiile pe care metoda de execuție prin prefabricare le impune îmbinărilor.

Pentru a evita aglomerarea excesivă a armăturilor în nodurile de cadru, apare avantajoasă executarea monolitizării în două etape sau mutarea îmbinărilor în afara nodurilor. Continuitatea montajului se poate asigura mai greu în acest caz (numai la suprafețe construite foarte mari) deoarece trebuie să se ia în considerare timpul de întărire a betonului turnat monolit în îmbinări, îndeosebi la stâlpi. Reducerea timpului de execuție se poate obține prin folosirea de dispozitive de sprijinire temporară a elementelor prefabricate (mai ales a stîlpilor), precum și prin utilizarea betoanelor cu întărire rapidă.

Înnădirea barelor de armătură din îmbinări nu poate fi executată întotdeauna prin sudură din cauza spațiului adesea foarte restrîns (care face ca unele bare să fie inaccesibile) și a creșterii apreciabile a consumului de manoperă și a timpului de execuție la montaj.

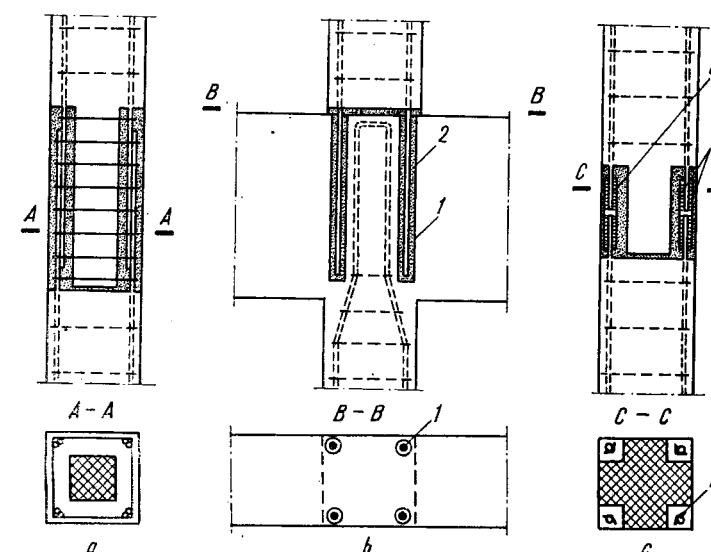


Fig. 18.33. Detalii de îmbinări umede între stâlpi prefabricați:
a — prin suprapunerea barelor; b — prin introducerea barelor din stîlpul superior în locașuri speciale prevăzute în stîlpul inferior; c — prin sudură în cochilie; 1 — țevă; 2 — monolitizare cu mortar de ciment; 3 — eclisă; 4 — sudură.

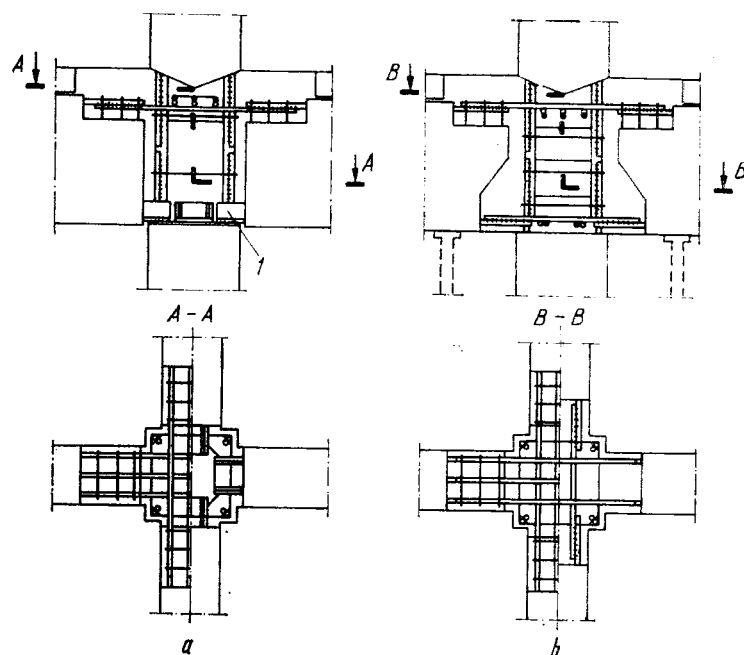


Fig. 18.34. Detaliu de îmbinări între stâlpi și rigle prefabricate:
a — la rigle prevăzute cu profiluri pentru rezemare la montaj; b — la rigle care se sprijină provizoriu în timpul montajului; 1 — profil metalic pentru rezemarea riglei în timpul montajului.

Îmbinările umede sînt mai puțin sensibile la abaterile dimensionale din confecționarea prefabricatelor și la imprecizii de montaj.

Detaliile acestui tip de îmbinări depind în principal de :

- poziția îmbinării (în nodul de cadru sau în afara acestuia);
- secvențele de monolitizare a îmbinării (în una sau în mai multe etape);
- modul de înădădire a armăturilor (prin suprapunerea barelor sau a buclelor formate din bare, prin mufe, prin sudură). Trebuie menționat că alegerea modului de înădădire a armăturilor este condiționată în mare măsură de amplasarea construcției într-o regiune fără cutremure sau cu seismicitate ridicată. În asemenea situații se preferă înădădirea barelor prin sudură, recomandîndu-se evitarea unor soluții cum ar fi, de exemplu, cea prin suprapunerea simplă a barelor sau a buclelor de armătură.

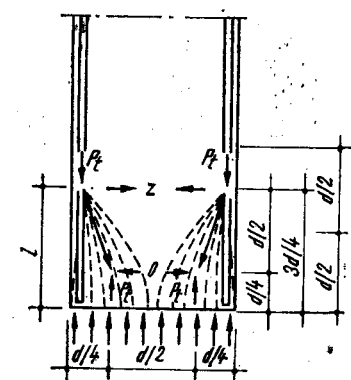


Fig. 18.35. Transmiterea efortului de întindere ca urmare a scurgerii efortului din armătură prin apariția fenomenelor de despicare în beton :

l — lungimea de ancorare; z — brațul de plecare al armăturii; d — dimensiunea stîlpului; P_t — forța de tensiune din armătură.

În figurile 18.33 și 18.34 sînt reprezentate schematic cîteva rezolvări tipice de îmbinări umede la cadre prefabricate, alese din marea varietate de soluții ce se pot întîlni [30].

La îmbinări, pericolul expulzării mortarului este cu atît mai mare cu cît este mai mare grosimea

lui. La îmbinările stîlpilor interesează posibilitatea de scurgere directă a eforturilor din armături, deoarece altfel betonul trebuie să asigure și scurgerea unei părți a efortului din armătura stîlpului, ceea ce este cu atît mai problematic cu cît este mai mare procentul de armătură. În acest caz se pot dezvolta eforturi de despicare în beton (fig. 18.35).

18.4.2. ÎMBINĂRI USCATE

Îmbinările uscate (prin sudură sau buloane) se utilizează cu precădere la realizarea unor asamblări articulate între elementele prefabricate ale cadrului, lucru de care se ține seama în alcătuirea schemei statice a acestuia. Acest tip de îmbinare apare avantajos pentru solidarizarea elementelor de schelet de același fel (stîlp cu stîlp, riglă cu riglă). Domeniul de aplicare al acestor îmbinări este limitat, deoarece cadrele cu articulații nu pot face față, fără elemente structurale de rigidizare, încărcărilor orizontale decît la un număr redus de niveluri. În condițiile unui regim sporit de înălțime, încărcările orizontale trebuie să fie preluate de alte elemente structurale decît cadre, realizîndu-se deci sisteme combinate (v. capitolul 19). Realizarea de îmbinări rigide prin sudură sau buloane este posibilă, însă duce la alcătuiți constructive complicate.

Durata de execuție a îmbinărilor uscate scade cu 30...40% față de cele umede. Aceste îmbinări permit transferarea rapidă a eforturilor și reduc sau elimină necesitatea sprijinirilor temporare la montaj. Ele sînt însă sensibile la abaterile de execuție, ceea ce implică o fabricație și un montaj cu precizie ridicată. În figura 18.36 este prezentat un exemplu de îmbinare uscată între riglele unui cadru prefabricat, iar în figura 18.37 se arată o îmbinare de stîlp cu plăci metalice și dorn, cu sudură la marginile plăcilor și cu beton turnat monolit prin injecție în golurile de la capetele stîlpilor.

18.4.3. ÎMBINĂRI PRIN PRECOMPRIERE

Sînt îmbinări care redau caracterul de continuitate al elementelor asamblate și imprimă același monolitism, ca și îmbinările realizate prin betonare, căpătînd extindere la cadrele realizate prin precompriere. Precomprierea se aplică,

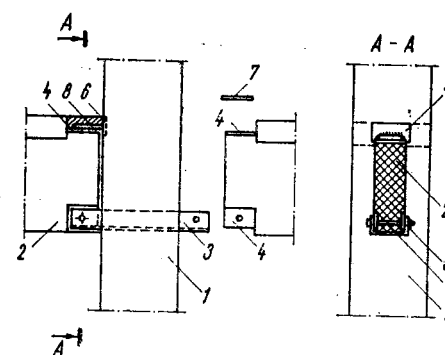


Fig. 18.36. Îmbinare uscată între stîlp și riglă :

1 — stîlp prefabricat; 2 — riglă prefabricată; 3 — profil metalic (scaun); 4 — placuță metalică în grindă; 5 — bulon; 6 — placuță metalică în stîlp; 7 — eclisă; 8 — sudură.

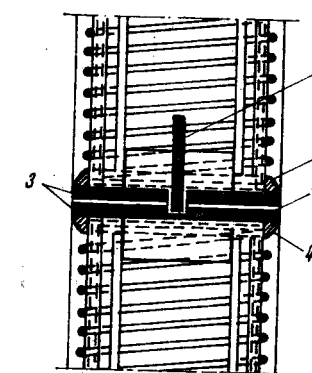


Fig. 18.37. Îmbinare uscată cu plăci metalice și dorn între doi stâlpi prefabricați :

1 — dorn; 2 — folie din material plastic; 3 — plăci metalice; 4 — sudura fretei în spirală cu rîlcie.

în general, la îmbinarea riglelor prefabricate așezate pe stâlpi, utilizând cabluri drepte sau curbe. Efectul de continuitate se poate obține, de asemenea, prin cuplarea cablurilor din riglele prefabricate, precomprimate.

Din punctul de vedere al montajului, soluția prezintă dezavantajul unei creșteri a duratei de execuție deoarece punerea sub tensiune a cablurilor nu poate avea loc decât după întărirea betonului turnat în îmbinări. Sensibilitatea la abateri dimensionale și imprecizii de montaj este practic la fel de mare ca cea a îmbinărilor uscate.

Îmbinările prin precomprimare sînt preferate celor din beton armat monolit în cazul structurilor cu deschideri și încărcări mari. În cadrul *Comisiei Structuri Seismice a Federației Internaționale de Precomprimare* se analizează în ultimul timp diferite tipuri de îmbinări prin precomprimare pentru structuri static nedeterminate realizate din elemente prefabricate.

Un tip de îmbinări care tinde să capete o aplicare tot mai largă se bazează pe utilizarea adezivilor obținuți din rășini epoxidice. Aceste ansamblări beneficiază de unele avantaje proprii îmbinărilor uscate, cum ar fi transferarea imediată a eforturilor, permițînd totodată reducerea erorilor de montaj. Folosirea acestor adezivi necesită însă anumite precauții privind alegerea judicioasă a tipului de rășină (epoxidică) și a tehnologiei de execuție, în legătură cu durata de întărire a adezivului și cu temperatura la care se obține întărirea, precum și tratarea corespunzătoare a suprafețelor pe care se aplică adezivul. Un inconvenient al acestui tip de îmbinări constă în scăderea rezistenței rășinilor epoxidice la temperaturi înalte, ceea ce reprezintă un pericol în cazul incendiilor.

Capitolul 19

STRUCTURI SPECIALE DE REZISTENȚĂ PENTRU CONSTRUCȚII CIVILE

Structurile cu pereți portanți (din zidărie, diafragme de beton armat monolit sau din panouri mari prefabricate) tip fagure și celulare prezintă o bună contravîntuire (rigidizare) la forțe orizontale, în timp ce structurile în cadre necesită elemente speciale de contravîntuire (de obicei diafragme-pereți, miez, simbură sau nucleu central, nucleu central și diafragme etc.), odată cu sporirea înălțimii clădirii.

19.1. STRUCTURI MIXTE DIN CADRE CU DIAFRAGME

19.1.1. ALCĂTUIREA DE ANSAMBLU. COMPORTAREA MECANICĂ LA ACȚIUNEA FORȚELOR GRAVITAȚIONALE ȘI ORIZONTALE

Structurile cu schelet mixt sînt alcătuite în ansamblu dintr-un sistem de cadre asociate cu un număr de diafragme dispuse fie izolat, fie grupate sub formă de nuclee rigide. Obiectivul principal al acestei alcătuiri mixte constă în menținerea flexibilității funcționale oferită de sistemele structurale în cadre, asigurînd rezistența și rigiditatea clădirilor la încărcări orizontale prin diafragmele prevăzute, în special, în acest scop.

Din punctul de vedere al comportării la acțiunea diferitelor categorii de încărcări, aspectul cel mai caracteristic pentru structurile cu schelet mixt îl constituie conlucrarea cadrelor cu diafragmele. Luate separat, un cadru și o diafragmă prezintă caracteristici de deformare diferite sub acțiunea unor forțe laterale identice. Datorită legăturii asigurate de către planșee, la o clădire a cărei structură include atât cadre cît și diafragme, aceste elemente sînt obligate să se deformeze identic, în ele luînd naștere o serie de eforturi de interacțiune (fig. 19.1).

Prin conlucrarea cadrelor cu diafragmele se obțin în ansamblu două efecte favorabile:

- reducerea pronunțată a mărimii deplasărilor laterale sub acțiunea încovoierilor orizontale;
- reducerea, în consecință, a mărimii distorsiunilor planșeelor.

Sporirea rigidității unei structuri se manifestă favorabil în comportarea la acțiuni dinamice (cutremur, rafale de vînt), prin aceea că reduce amplitudinea oscilațiilor clădirii și atenuează efectul modurilor superioare de vibrație (așa-numita *lovitură de bici*). În același timp, prezența cadrelor în structură permite asigurarea unei comportări bune a sistemului structural în domeniul inelastic datorită liniilor succesive de plasticizare ce se pot crea și prin obținerea unei ductilități ridicate. Structurile cu schelet de tip mixt, corect alcătuite, se situează în acest fel în rîndul soluțiilor cu comportare foarte bună la acțiuni seismice intense.

La structurile mixte, rigiditatea cadrelor este, de regulă, mult mai mică decît cea a diafragmelor, astfel încît acestea din urmă preiau marea majoritate, practic, totalitatea încărcărilor orizontale. Elementele cadrelor, stîlpii și riglele se află într-o situație sensibil mai bună decît în cazul structurilor alcătuite numai din cadre, deoarece au de preluat aproape exclusiv numai eforturi provenind din încărcările gravitaționale. În aceste condiții, realizarea unor noduri rigide nu mai reprezintă un factor esențial pentru asigurarea rezistenței structurii la acțiuni laterale. Aceasta creează premisele pentru simplificarea alcătuirii elementelor structurale orizontale, prin dimensionarea practic identică a riglelor la toate nivelurile clădirii sau prin adoptarea de soluții de planșeu fără grinzi. Stîlpii, eliberați de necesitatea de a prelua eforturi din acțiunea încărcărilor orizontale, pot fi dimensionați, de asemenea, în condiții mai puțin severe.

Sub acțiunea combinată a unor momente încovoietoare mari (provocate de încărcările orizontale) și a unor forțe axiale relativ mici, în diafragme sau în nucleele rigide apar eforturi de întindere importante, a căror preluare conduce frecvent la necesitatea unei armături puternice. Din aceeași cauză se prezintă situații în care apar eforturi de întindere la contactul fundațiilor diafragmelor cu terenul, ceea ce poate duce la prevederea de elemente de ancorare în teren (piloți lucrînd la smulgere). În vederea îmbunătățirii condițiilor de lucru ale acestor diafragme sau nuclee rigide este indicat ca, prin alcătuirea structurală,

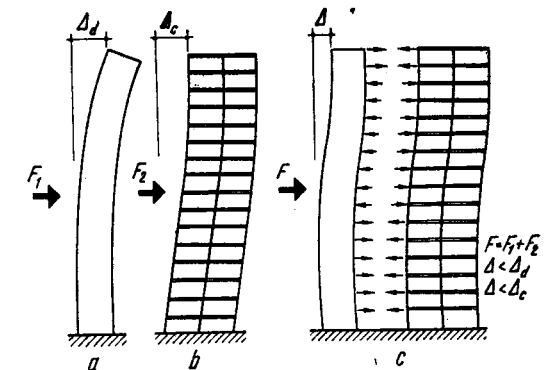


Fig. 19.1. Eforturi de interacțiune dintre cadre și diafragme pentru o structură mixtă:
a — deformată cadrele; b — deformată diafragmele; c — eforturi din interacțiunea dintre cadre și diafragme.

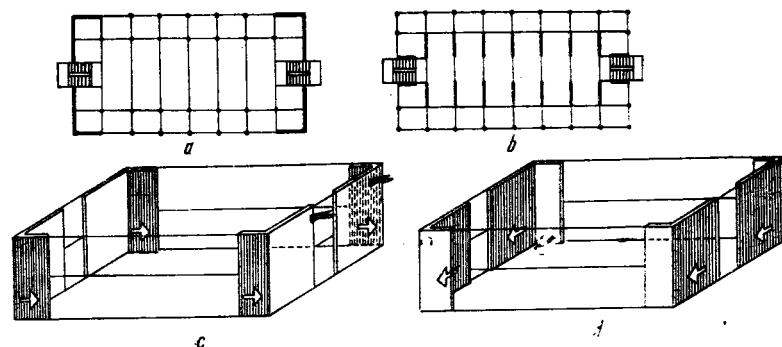


Fig. 19.2. Dispunerea diafragmelor într-o structură mixtă:
a - ca pereți exteriori; b - ca pereți interiori; c - preluarea forțelor orizontale în sens longitudinal;
d - preluarea forțelor orizontale în sens transversal.

să li se transmită o parte mai mare din încărcarea gravitațională totală a clădirii, astfel încât să compenseze cât mai mult posibil din efectul încărcărilor orizontale.

Realizarea conlucrării spațiale a sistemului de cadre și diafragme este în mod hotărâtor condiționată de asigurarea comportării ca șaibă a planșeelor. O atenție deosebită, atât prin verificări de calcul cât și prin detalieri constructive adecvate, trebuie acordată în cazul structurilor cu distanțe mari între diafragmele sau nucleele de rigidizare, planșeelor alcătuite din elemente prefabricate, precum și în cazul existenței unor discontinuități sau goluri de dimensiuni mari în planșee.

Din figura 19.1 rezultă efectele favorabile ale comportării generale a structurii mixte:

- reducerea importantă a deplasărilor sub acțiunea forțelor orizontale;
- reducerea deplasărilor din torsiune;
- ductilitate sporită datorită prezenței cadrelor.

Se execută clădiri cu structuri mixte având 40 ... 70 niveluri, în funcție de procentul și posibilitatea de amplasare a diafragmelor, obținându-se uneori o mare flexibilitate a distribuției acestora. Astfel, diafragmele pot fi concentrate în lungul clădirii (pereți interiori) sau la capetele clădirii (pereți exteriori) (fig. 19.2). [41]. O distribuție asemănătoare a elementelor de contravîntuire se întâlnește în cazul structurilor în cadre cu noduri rigide pe întreaga lungime a structurii sau cu noduri deplasabile, cînd cadrele rigide de contravîntuire se amplasează la capetele structurii (fig. 19.3) [41].

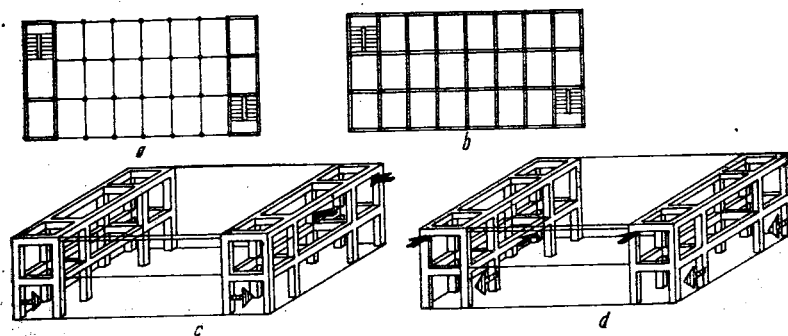


Fig. 19.3. Structuri în cadre rigidizate prin:

a - cadre de contravîntuire amplasate la capete;
b - cadre rigide în tot lungul structurii; c - preluarea forțelor orizontale în sens longitudinal; d - preluarea forțelor orizontale în sens transversal.

Alegerea rațională a elementelor de contravîntuire ca diafragme verticale influențează costul clădirii. Sînt necesare pentru a asigura siguranța la stabilitate cel puțin trei diafragme ale căror axe nu trebuie să se întîlnească într-un punct (fig. 19.4).

Calculul structurilor mixte se face folosind:

— *metoda cadrului înlocuitor*, în care se pot aplica metodele prezentate pentru calculul structurilor în cadre. În cazul formulării matriciale trebuie avut în vedere că, prin schematizarea structurii și prin considerarea nodurilor punctuale, apar bare cu gusețe (bare cu capete infinit rigide) și în consecință trebuie stabilite elementele componente ale matricelor de rigiditate ale barelor

cu rigidități variabile. Nu este indicat a se utiliza metoda Haller-Kranl datorită convergenței foarte slabe, determinată de prezența la astfel de structuri a stîlpilor (diafragme, spaleti) cu rigiditate mult mai mare decît a riglelor (grinzi, buiandrugi);

— *metoda elementelor finite*, care rezolvă structuri discretizate, utilizînd matricele de rigiditate ale elementelor componente și înscriindu-se în specificul metodei generale a deplasărilor. Apar în această metodă numai deosebiri de detalii, datorate faptului că elementele finite au mai multe noduri, în schimb prinderea între ele a elementelor în noduri se consideră, de obicei, articulată.

Pentru calculul structurilor mixte la acțiuni orizontale se menționează următoarele metode de calcul:

— *metoda deformatelor impuse* care presupune înlocuirea structurii spațiale prin două seturi de structuri plane după cele două direcții ortogonale. Metoda deformatelor impuse se poate aplica în două variante: înlocuirea structurii cadru-diafragmă printr-un *cadru scară înlocuitor* pentru care se determină deplasările (translații și rotații) la nivelul etajelor, deplasări ce se impun celor două componente ale structurii—cadru și diafragma (metodă elaborată de colectivul Prof. emerit ing. C. Avram) sau înlocuirea structurii cadru-diafragmă printr-o *diafragmă-consolă înlocuitoare* pentru care se determină deplasările la nivelul etajelor și care se impun ulterior cadrului și diafragmei (metoda Khan și Sbarounis);

— *metoda echilibrării nodurilor (Kani-Csonka)* care se caracterizează printr-o convergență rapidă. În cazul acestei metode, diafragma se înlocuiește cu un cadru înlocuitor avînd rigle cu capete infinit rigide (bare cu gusețe) și se poate cuprinde și efectul pereților de umplutură. Structura se poate rezolva pe cale iterativă sau recursivă;

— *metoda matricelor de transfer*, în care condițiile de compatibilitate ale deformațiilor sînt scrise direct cu ajutorul momentelor factoriale sub forma matricelor de transfer. Acest mod de exprimare permite determinarea imediată a stării de eforturi, atât pe cale obișnuită (manual), cât și cu ajutorul calculatoarelor electronice deoarece calculele se bazează pe produse de matrice.

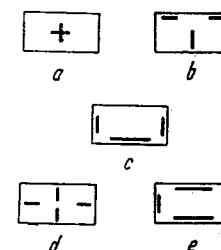


Fig. 19.4. Posibilități de amplasare a diafragmelor de rigidizare:
a; b; d - neindicate; c - rațional.

Ca programe de calcul utilizate pentru calculul structurilor la acțiuni verticale și orizontale se pot menționa următoarele:

— *CAPLAN*, pentru analiza stării de eforturi în cadrele plane. Programul este aplicabil structurilor alcătuite din bare drepte (cadre), cit și structurilor mixte (cadre cu diafragme);

— *SECON*, care calculează starea de eforturi în construcții. Programul este aplicabil structurilor în cadre plane;

— *CASPA*, program aplicabil structurilor spațiale alcătuite din bare drepte (cadre spațiale), care analizează starea de eforturi în aceste structuri;

— *STUGEN*, care cuprinde calculul spațial de ordinul I al structurilor plane și spațiale alcătuite din bare. Programul este aplicabil structurilor de mari dimensiuni, metoda de calcul adoptată fiind metoda divizării structurii în sub-structuri;

— *PROGRAM P 6*, care permite analiza efectelor seismice în clădiri etajate cu pereți portanți și cadre. Programul se bazează pe metoda elementelor finite utilizând elemente finite dreptunghiulare cu cîte trei grade de libertate pe nod.

19.1.2. TIPURI CARACTERISTICE DE STRUCTURI MIXTE DIN CADRE ȘI DIAFRAGME

La structurile mixte, amplasarea diafragmelor este condiționată în primul rînd de cerințele funcționale, urmărindu-se reducerea la minimum a servituților în ceea ce privește organizarea spațiului. După modul de amplasare și de grupare a diafragmelor se pot distinge două tipuri principale de sisteme structurale de tip mixt:

- structuri cu diafragme izolate;
- structuri cu unu sau mai multe nuclee rigide.

La sistemele structurale cu diafragme izolate, poziția acestora se stabilește, în funcție de natura clădirii, în dreptul unor compartimentări definitive și continue la toate nivelurile, în pereții de fronton etc. (fig. 19.5) [30]. Prevederea

acestor diafragme la distanțe mai mici (de exemplu, între apartamentele clădirilor de locuit) duce la transformarea structurii într-una de tip celular.

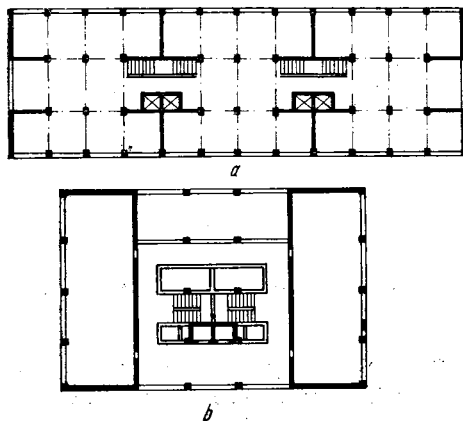


Fig. 19.5. Tipuri de structuri de rezistență cu schelet mixt:
a — pentru o construcție bară; b — pentru o construcție punct.

19.2. STRUCTURI ÎN CADRE CU PEREȚI DE CONTRAVÎNTUIRE

Structura constă în executarea de pereți de umplură în ochiurile dintre stîlpii și riglele cadrelor. Aceste elemente de contravîntuire permit asimilarea structurii cu un sistem alcătuit din triunghiuri, diagonalele comprimate fiind reprezentate de către pereții realizați din zidărie sau din elemente prefabricate de beton armat (fig. 19.6).

19.3. STRUCTURI CU PARTER FLEXIBIL (ELASTIC)

În această categorie se consideră structurile din diafragme rezemate la parter pe stîlpi, astfel că există un salt foarte mare între rigiditatea parterului și cea a etajelor superioare (fig. 19.7).

19.4. STRUCTURI TUBULARE, CU NUCLEU CENTRAL

19.4.1. STRUCTURI CU UN SINGUR TUB

În vederea utilizării cu eficiență sporită a spațiului prin reducerea numărului și dimensiunilor elementelor portante verticale, apare rațională folosirea elementelor verticale funcționale ale clădirii drept elemente structurale, ceea ce conduce la sisteme cu nucleu rigid, pereții acestuia închizînd în interior circulațiile verticale (scări, ascensoare), canalele verticale ale instalațiilor (ventilații, tuburi de gunoi, eventual coșul de fum al centralei termice etc.), precum și diverse spații tehnice și de serviciu.

Gruparea diafragmelor în nuclee destinate din punct de vedere structural să reziste acțiunii unei anumite părți din încărcările verticale ale clădirii, precum și a mării majorități sau chiar a totalității încărcărilor orizontale, reprezintă o soluție cu larg cîmp de aplicare la clădirile etajate, atît la cele cu număr mai mic de niveluri cit și la cele înalte. Structurile cu nuclee se utilizează îndeosebi la clădirile administrative sau cu funcțiuni social-culturale, iar în prezent își deschid tot mai mult drum și în construcția de locuințe.

La clădirile de tip punct se adoptă soluții cu un singur nucleu situat într-o poziție cit mai centrală, stîlpii fiind amplasați de regulă pe conturul clădirii, uneori și în interior (fig. 19.8). Spre deosebire de clădirile administrative la care gruparea tuturor circulațiilor verticale, a instalațiilor și a serviciilor permite realizarea unui nucleu puternic, la clădirile de locuit nucleul poate rezulta insuficient dezvoltat, astfel încît apare necesară prevederea și a unor diafragme izolate cu rol de rigidizare a structurii (fig. 19.9).

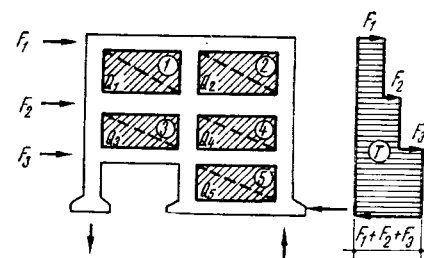


Fig. 19.6. Structură în cadre cu pereți de umplură utilizați ca elemente de rigidizare.

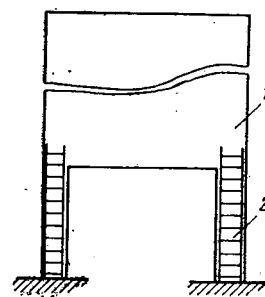


Fig. 19.7. Structură din diafragme cu parter flexibil pe stîlpi:
1 — diafragmă; 2 — stîlp cu armătură de ductilizare.

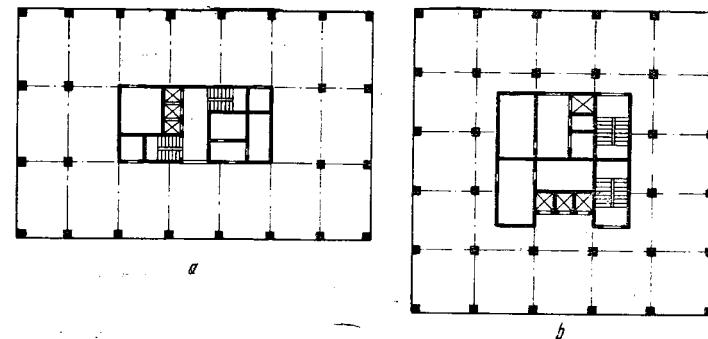


Fig. 19.8. Structuri de rezistență cu nucleu central de rigidizare:
a — pentru clădiri de locuit; b — pentru birouri.

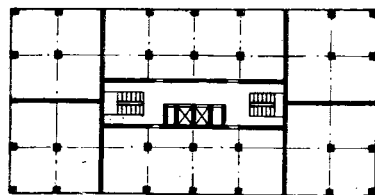


Fig. 19.9. Structură de rezistență cu nucleu central și cu diafragme de rigidizare pentru o clădire de locuit.

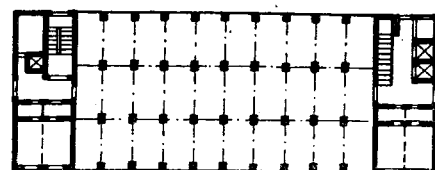


Fig. 19.10. Structură de rezistență pentru o clădire hotel cu două nuclee de rigidizare amplasate la capete.

La unele clădiri de tip bară se pot adopta soluții cu două nuclee, amplasate cât mai simetric și având caracteristici de rigiditate cât mai apropiate (fig. 19.10). Nucleele rigide oferă posibilitatea realizării și a altor sisteme structurale, care prezintă interes îndeosebi pentru clădirile multietajate, cum ar fi: structuri cu nucleu și planșee în consolă, structuri cu nucleu sau nuclee și planșee suspendate, structuri de tip *tub în tub* etc.

Structura caracteristică constă din stâlpi exteriori deși, care alcătuiesc un tub exterior rectangular perforat, denumită în mod obișnuit *tub-cadru* sau *cadre-diafragmă*. Comportarea sa mecanică complexă se situează între cadre și diafragmă, în funcție de poziția și dimensiunile golurilor, rigiditățile relative ale stâlpilor exteriori și ale grinzilor buiandrug, caracteristicile îmbinărilor etc. O analiză preliminară se poate face pentru o structură suficient de înaltă considerând cele două moduri distincte de comportare:

- comportare în cadre a celor doi pereți paraleli cu direcția forțelor orizontale (fig. 19.11);
- comportarea sub formă de tub a structurii întregi.

Din figura 19.11 rezultă o distribuție neuniformă a forțelor axiale în stâlpi, în lungul pereților, normal la direcția forțelor laterale. Din cauza fenomenului *shear-lag*, stâlpii depărtați de colțurile tubului nu pot participa în întregime la preluarea momentului de răsturnare, astfel încât rezistența și rigiditatea la forțele laterale ale tubului perforat rezultă întrucitva micșorată și se poate considera simplificat un tub echivalent alcătuit din două elemente sub formă de U (jgheab), cu tălpi din stâlpi activi conlucrind cu inima (fig. 19.12). Se obține astfel o rigiditate laterală de numai 25...30% din cea a tubului plin, datorată

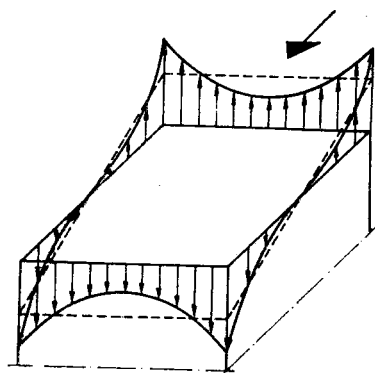


Fig. 19.11. Distribuția forțelor axiale în tubul perimetral perforat sub acțiunea încărcărilor laterale.

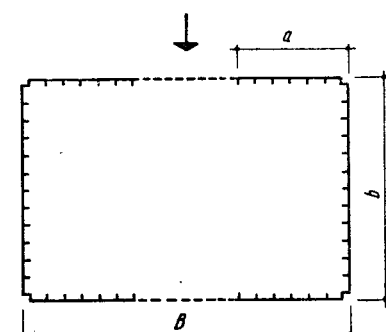


Fig. 19.12. Planul tubului echivalent alcătuit din două elemente în formă de U.

circa 70% acțiunii de cadru a pereților paraleli cu direcția încărcărilor laterale. Un calcul mai exact, obținut prin analiza spațială a cadrului, consideră toate cele șase grade de libertate în nod. Structura cu tub perforat are de obicei stâlpii distanțați la 1,50 ... 3,00 m, astfel încât permite montarea directă a ferestrelor între stâlpi, ceea ce este economic și are o utilizare eficientă și rațională pentru structuri cu 40 ... 60 niveluri.

19.4.2. STRUCTURI TUB ÎN TUB

Se folosesc la clădiri înalte cu mai mult de 80 niveluri, cu partiu liber pe cea mai mare suprafață a nivelului și îmbină avantajele structurilor cu nucleu central cu cele ale structurilor cu un singur tub. Sînt alcătuite cu două tuburi din diafragme, cel exterior ca un tub perforat cu pereți de fațadă, iar nucleul interior central din diafragmele simbului cu servicii (fig. 19.13, b). Eficiența structurii tub în tub, care a căpătat dezvoltare în prezent pentru clădirile administrative (birouri), depinde direct de dimensiunile și amplasarea nucleului central. O rigiditate laterală sporită se obține prin contravînturi înclinate în tubul perforat exterior sau prin diafragme suplimentare de rigidizare (fig. 19.13, c).

Eficiența acestor tipuri de structuri depinde de cerințele de plan, în cadrul unor limite de înălțime și este prezentată în figura 19.14 pentru condițiile tehnico-economice din S.U.A.

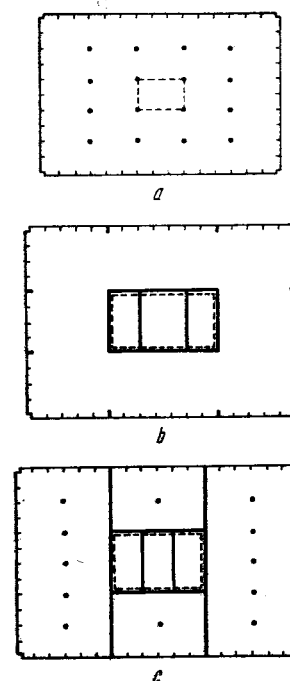


Fig. 19.13. Structuri de rezistență tubulare pentru clădiri înalte:

- a — cu un singur tub perforat exterior;
- b — cu tub exterior perforat și tub interior;
- c — tub în tub cu diafragme de rigidizare.

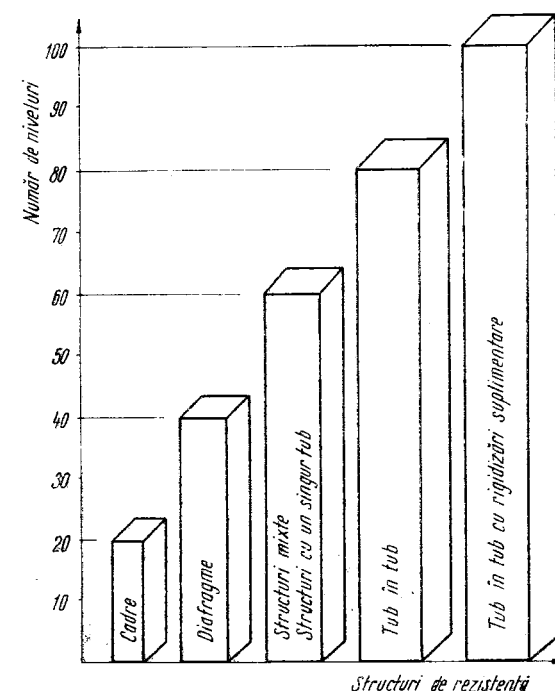


Fig. 19.14. Utilizarea diverselor tipuri de structuri pentru clădiri înalte, în funcție de înălțimea lor.

19.5. SOLUȚII INDUSTRIALIZATE PENTRU STRUCTURI CU SCHELET MIXT

La structurile cu schelet mixt, pentru realizarea cadrelor și planșeelor se poate aplica practic întreaga gamă de soluții cu caracter industrializat expusă în capitolul 18 pentru structurile în cadre. Apar însă unele elemente care pun în evidență avantajele oferite de sistemele structurale mixte.

După cum s-a arătat, preluarea încărcărilor orizontale de către diafragme sau nuclee are drept consecință o reducere pronunțată a eforturilor în rigle și stâlpi, permițând o dimensionare mai ușoară a acestora și impunând condiții mai puțin severe îmbinărilor la noduri. Riglele își pot menține secțiunea și în mare măsură, armarea identică la toate nivelurile clădirii, iar pentru stâlpi este necesară modificarea armării și a secțiunii la intervale mari pe înălțimea clădirii.

În această situație sînt create condiții deosebit de favorabile pentru aplicarea soluțiilor prefabricate datorită unificării dimensiunilor elementelor, posibilității de realizare a unor îmbinări mai simple (eventual cu rol de articulație) și asigurării cu relativă ușurință a contravînturii structurii în timpul montajului datorită nucleului executat în prealabil.

Preluarea în totalitate a încărcărilor orizontale de către diafragme sau nuclee este de natură să simplifice alcătuirea planșeelor, eliminînd necesitatea riglelor. Planșeele se pot realiza sub formă de dală groasă turnată monolit sau din panouri mari prefabricate ce reazemă numai la colțuri, direct pe stâlpi. Legătura dintre

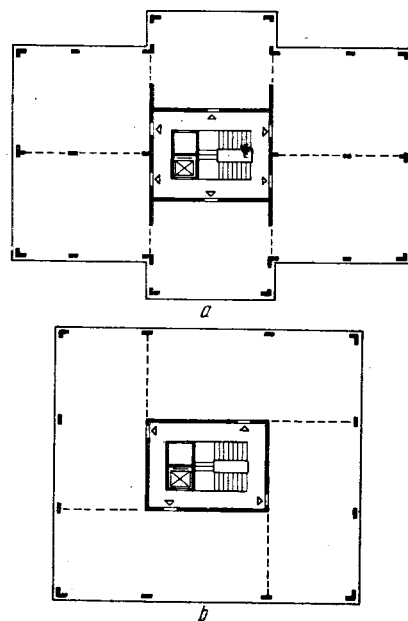


Fig. 19.15. Structuri cu nucleu central de rigidizare pentru clădiri de locuit:
a - clădire tip fluture; b - clădire punct.

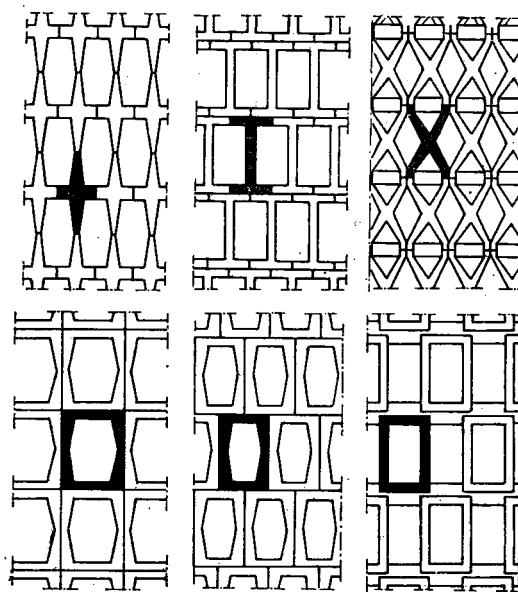


Fig. 19.16. Diverse tipuri de prefabricate pentru pereții exteriori ai tubului perforat (cadre-diafragme).

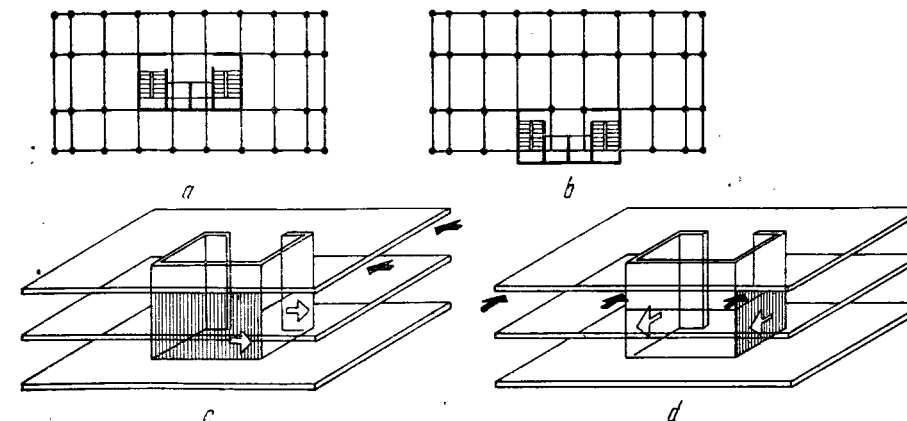


Fig. 19.17. Structuri de rezistență cu nucleu rigid:
a - cu nucleu amplasat central; b - cu nucleu amplasat lateral; c - preluarea forțelor laterale în sens longitudinal; d - preluarea forțelor laterale în sens transversal.

panourile de planșeu și stâlpi se asigură prin îmbinări uscate sau prin precomprimare. Absența grinzilor interioare oferă o libertate maximă în organizarea funcțională variată a spațiului.

Diafragmele și nucleele rigide se execută în majoritatea cazurilor din beton armat monolit, folosind sisteme de cofrare eficiente (cofraje metalice plane, cofraje glisante în cazul nucleelor etc.). Se întilnesc de asemenea rezolvări ale diafragmelor din panouri mari prefabricate, precum și nuclee alcătuite din elemente prefabricate profilate, utilizate mai ales, la clădiri cu un număr nu prea mare de niveluri.

În figura 19.15 sînt exemplificate unele rezolvări în domeniul sistemelor structurale cu schelet de tip mixt, utilizate la clădiri de locuit [30].

Pereții exteriori ai structurilor tubulare se pretează prefabricării cu respectarea rezistenței îmbinărilor elementelor prefabricate, în funcție de natura și mărimea eforturilor, existînd suficiente variante posibile pentru aceste prefabricate (fig. 19.16) [30].

Cînd nucleul este amplasat lateral (fig. 19.17, b) este necesar a se analiza comportarea la torsiune a structurii în ansamblul ei [41].

19.6. STRUCTURI DIN MATERIALE PLASTICE

În acest paragraf sînt prezentate structurile aerostatice și pneumatice din membrane de materiale plastice. Membranele utilizate sînt capabile să preia solicitările la tracțiune, sînt impermeabile la apă și aer și sînt fabricate din fire elastice acoperite cu pelicule impermeabile care asigură rezistența lor la intemperii, la foc și etanșeitatea la aer. Cele mai des folosite sînt firele sintetice din poliamide, poliester, poliacril-nitril etc. Ca pelicule de impermeabilizare se utilizează: poliuretan, PVC, cauciuc natural sau sintetic, poliacril, poliesteri

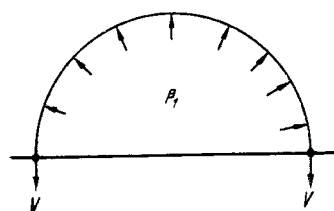


Fig. 19.18. Schiță de principiu pentru o structură aerostatică.

și altele. În țara noastră se folosește țesătura din fire de relon acoperită cu peliculă PVC pe ambele fețe. În general, acestea sînt construcții care folosesc aerul la presiuni diferite de cea atmosferică pentru a asigura rezistența și stabilitatea lor la acțiunile exterioare.

19.6.1. STRUCTURI AEROSTATICE

Schema principală a unei structuri aerostatice este prezentată în figura 19.18, de unde rezultă că acoperișul realizat dintr-o membrană cilindrică este susținut de presiunea suplimentară interioară, care trebuie menținută pe întreaga durată de existență a structurii. Este necesar a se asigura buna comportare a structurii la toate acțiunile, inclusiv la cele climatice: vînt, zăpadă și diferențe de temperatură.

19.6.2. STRUCTURI PNEUMATICE

Structurile pneumatice sub formă de arce, ferme etc. se realizează din elemente structurale drepte și curbe, solidarizate între ele și confecționate dintr-o membrană exterioară din material plastic, menținută în poziție de presiunea aerului din interior. Secțiunea elementului structural este, de obicei, cilindrică, dar se pot realiza și alte forme: ovale, pătrate, tringhiulare etc.

Elementele structurale (fig. 19.19) se solidarizează între ele pentru constituirea structurii de rezistență: arc, boltă, fermă etc.

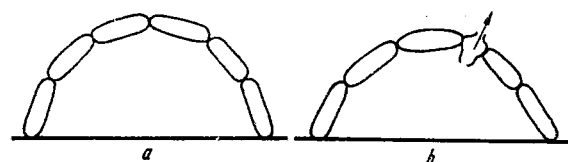


Fig. 19.19. Arc din boltări pneumatice, alcătuiți din membrană și aer la presiune mai mare decât presiunea atmosferică;

a — forma inițială; b — formă pleostită după desumflarea unui boltar.

În figurile 19.20 și 19.21 este prezentat planul, respectiv secțiunea transversală prin pavilionul de expoziție Fuji din Tokio, avînd un acoperiș realizat din arce pneumatice.

*
* *

În figurile 19.22 ... 19.29 sînt prezentate partiurile de arhitectură și structurile de rezistență cu largă utilizare în țara noastră la construcțiile de locuințe.

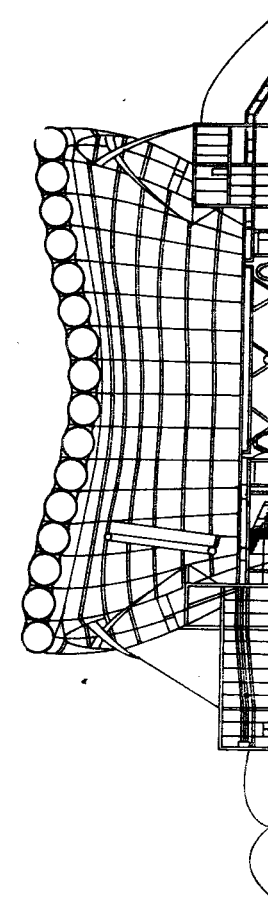


Fig. 19.21. Secțiune transversală prin pavilionul de expoziție Fuji, Tokio.

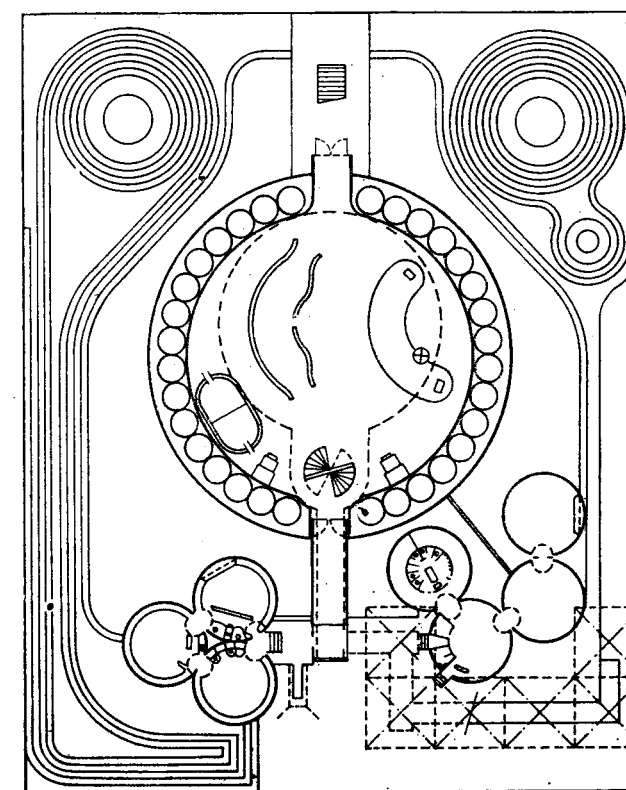


Fig. 19.20. Planul pavilicanelor de expoziție a grupului Fuji, Tokio.

Fig. 19.23. Plan poză prefabricate pentru o structură celulară, $P + 4E$, alcătuită din stâlpi și diafragme din beton armat monolit turnate în cofraje metalice plane, sempanouri prefabricate de planșeu care reazemă pe diafragme și pe grinzii prefabricate transversale și longitudinale și din panouri prefabricate pentru pereții exteriori:

g_L — grinzii longitudinale prefabricate; g_T — grinzii transversale prefabricate; E — panourile mari prefabricate pentru pereții exteriori; P — sempanourile prefabricate de planșeu; M — monolitizarea între sempanouri.

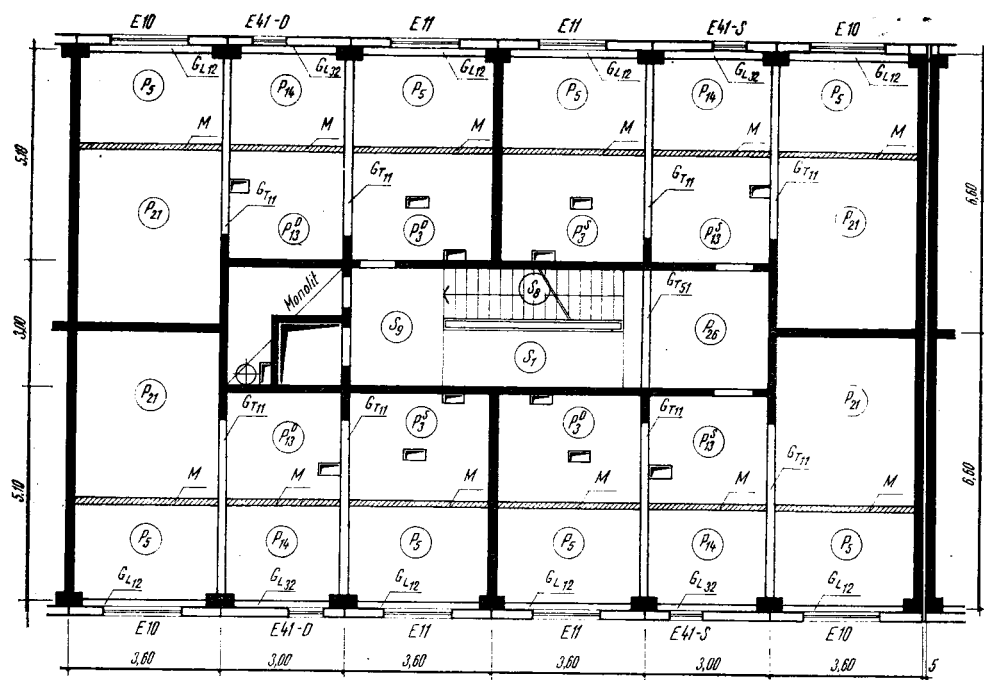


Fig. 19.24. Plan poză prefabricate pentru o structură celulară, P + 10E, alcătuită din diafragme și stâlpi din beton armat monolit, turnate în cofraje metalice plane, semipanouri prefabricate de planșeu care reazemă pe diafragme și pe grinzi prefabricate transversale și longitudinale și din panouri prefabricate pentru pereții exteriori:

G_L - grinzi longitudinale prefabricate; G_T - grinzi transversale prefabricate; E - panouri mari prefabricate pentru pereții exteriori; P - semipanouri prefabricate pentru planșeu; M - monolitizare între semipanouri.

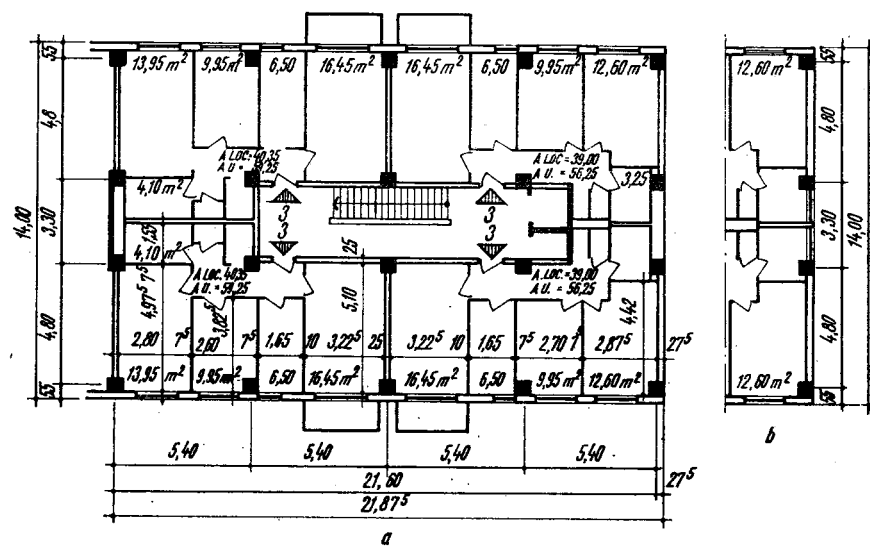


Fig. 19.25. Plan etaj curent pentru o construcție de locuințe, P + 10E, cu patru apartamente la scară, cu structura de rezistență din cadre de beton armat și planșee prefabricate:

a - tronson de mijloc; b - detaliu la un tronson de capăt.

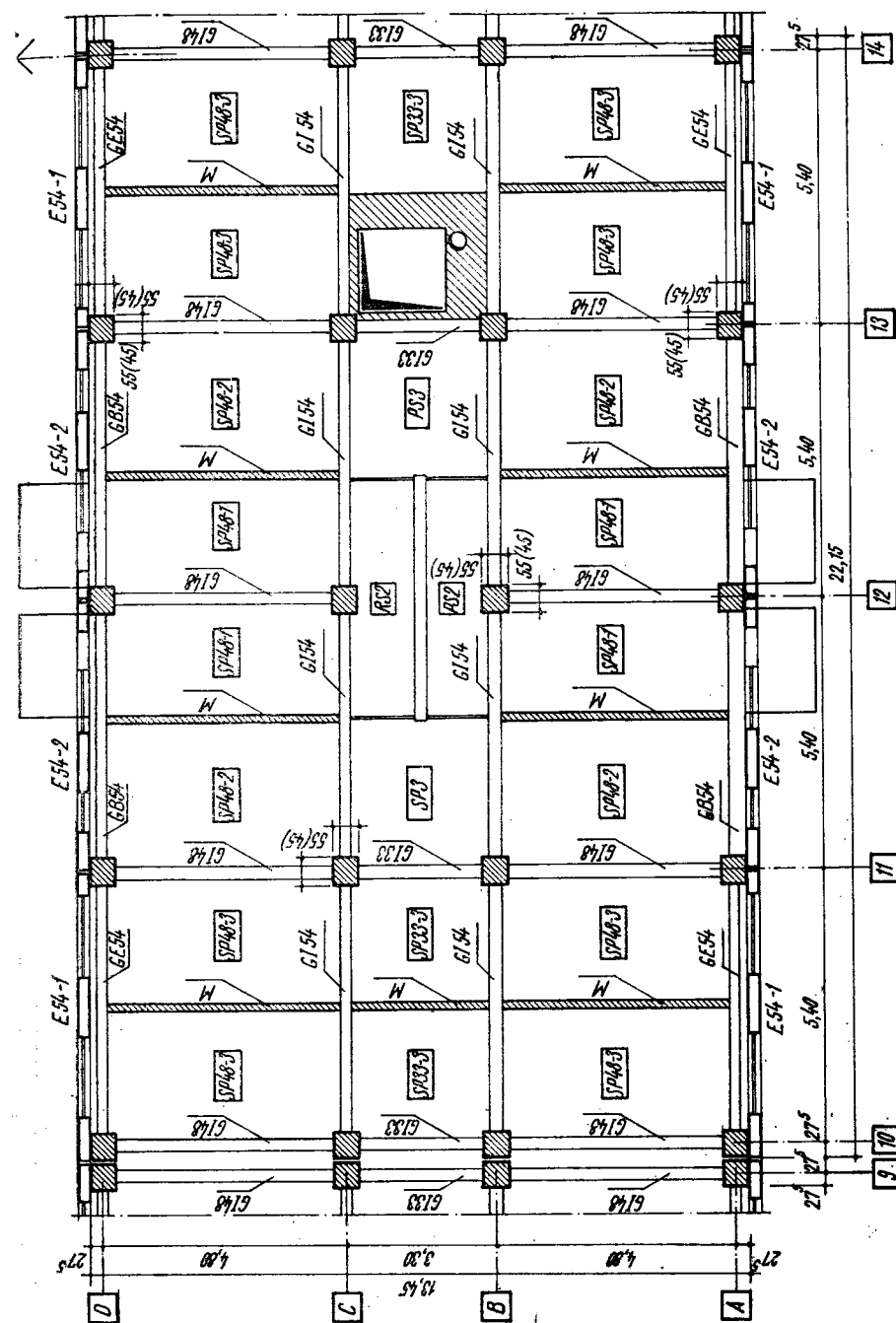


Fig. 19.26. Plan poză prefabricate pentru o structură, P + 10E, din cadre de beton armat turnate monolit cu planșee din semipanouri prefabricate care reazemă pe grinzi prefabricate și cu panouri mari prefabricate pentru pereții exteriori:

G_L - grinzi longitudinale prefabricate; G_T - grinzi transversale prefabricate; E - panouri mari prefabricate pentru pereții exteriori; P - semipanouri prefabricate pentru planșeu; M - panouri prefabricate pentru podețele de scară; R_S - panou prefabricat pentru rampa scării; M - monolitizare între semipanouri.

NOTA: -Cotele din paranteză se referă la ultimetele 4 niveluri.

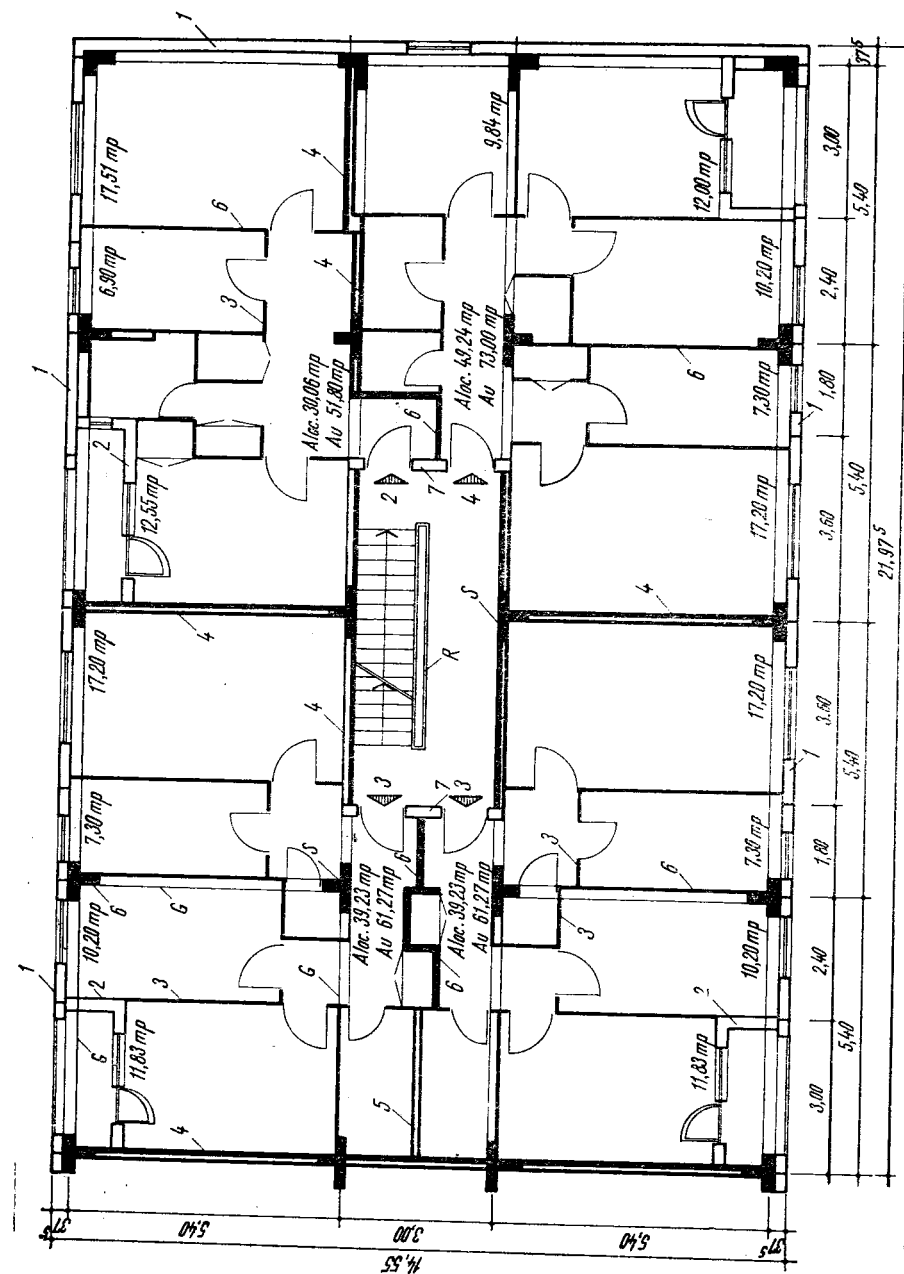


Fig. 19.27. Plan etaj curent pentru o construcție de locuințe cu patru apartamente la scară și cu structura de rezistență din cadre lamelare de beton armat (proiect ICPROM - Iași):
 S - stâlpi lamelari în formă de T sau cruce (dimensiunile secțiunii stâlpilor au raportul 2,5 : 3); G - grinzi de cadru turnate monolit (proiect ICPROM - Iași) sau prefabricate (proiect I.P.I. Pitești); R - scară monorampă prefabricată; 1 - panouri prefabricate de fațadă; 2 - perete exterior de logie din blocuri BCA de 25 cm grosime; 3 - perete despărțitor din plăci BCA de 7,5 cm grosime; 4 - pereți separatori dubli din fișii armate de BCA de 7,5 + 7,5 cm grosime, cu fonolizatie din pișă minerală de 4 cm grosime; 5 - pereți separatori dubli din fișii armate de BCA de 7,5 + 7,5 cm grosime, cu fonolizatie din pișă minerală de 4 cm grosime; 6 - pereți separatori din blocuri BCA de 12,5 cm grosime; 7 - pereți separatori din blocuri BCA de 25 cm grosime.

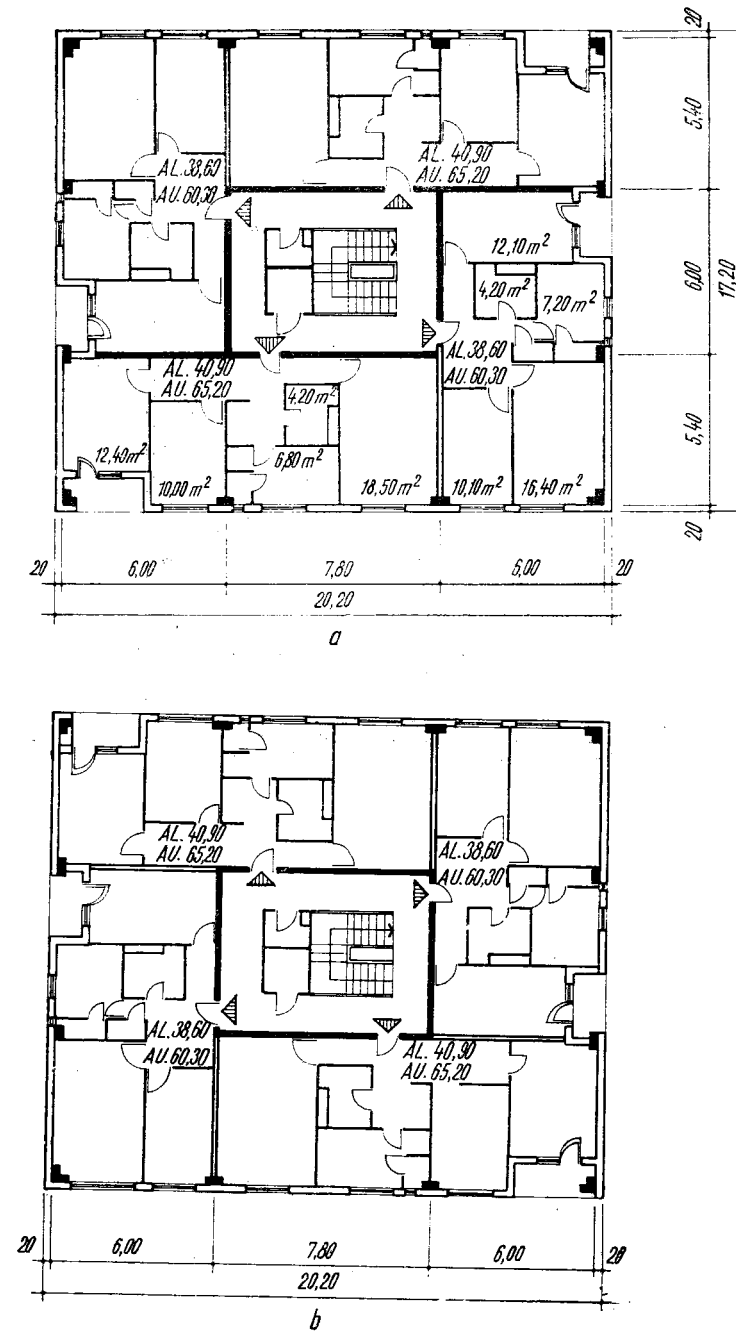


Fig. 19.28. Planuri etaje curente pentru o clădire bloc-turn, destinată locuințelor, cu P+10E și structura de rezistență cu nucleu central din beton armat și cu stâlpi pe contur:

a - plan etaj 2; 4; 6; 8; 10; b - plan etaj 1; 3; 5; 7; 9.

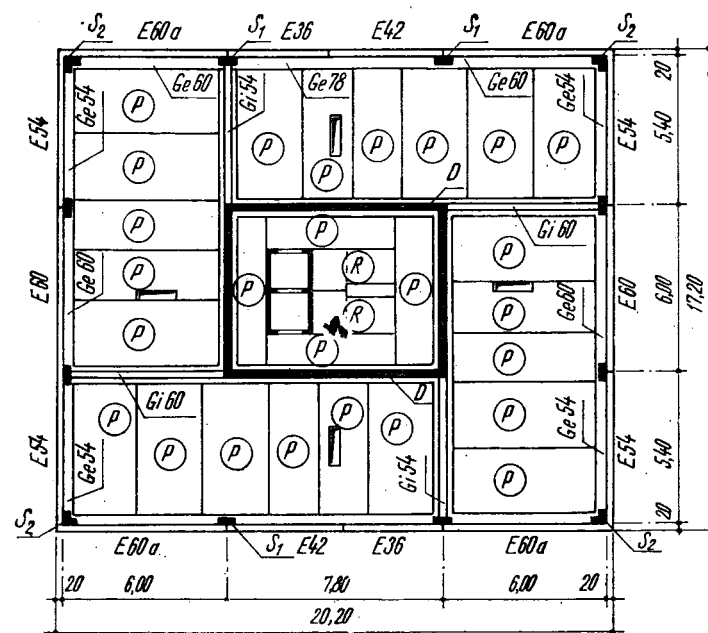


Fig. 19.29. Plan poză prefabricate de planșeu pentru clădirea de locuințe din figura 19.28 :

D — diafragmele nucleului central; *S*₁ — stîlp curent pe contur; *S*₂ — stîlp de colț în formă de *L*; *E* — panouri mari prefabricate pentru pereții exteriori; *G*_i — grinzi intermediare turnate monolit; *G*_e — grinzi prefabricate pe conturul exterior; *P* — filșii late prefabricate pentru planșeu; *R* — rampă prefabricată pentru scară.

Partea a șasea

LUCRĂRI DE FINISAJ PENTRU CONSTRUCȚII CIVILE

Capitolul 20

TENCUIELI

20.1. DEFINIȚIA ȘI ROLUL TENCUIELILOR

Tencuielile sînt elemente de finisaj care se aplică pe suprafața brută a pereților, tavanelor sau a altor elemente de construcții, avînd rol decorativ, estetic, igienic și de protecție împotriva agenților exteriori (intemperii, radiații etc.) sau interiori (apă și vapori de apă), a gazelor (în mediu industrial, în laboratoare etc.), focului și a altor agenți și acțiuni chimice și mecanice din mediul ambiant.

Tencuielile sînt lucrări care rămîn vizibile și care determină aspectul final al construcției. Aspectul estetic și decorativ se obține prin realizarea planeității tencuielii, a suprafeței și culorii adecvate (ținînd cont de condițiile arhitectonice locale și de tipul construcției), prin execuția îngrijită a colțurilor, muchiilor, profilurilor etc. Rolul estetic al tencuielilor este primordial, însă el trebuie îmbinat armonios cu rolul de protecție și de conservare. Fiind plane sau cu asperități mici, tencuielile elimină posibilitatea acumulării prafului, a bacteriilor etc., în diverse goluri, ceea ce determină rolul igienic al tencuielilor. Totodată, tencuielile completează unele proprietăți ale elementelor de construcții, cum ar fi capacitatea de izolare termică și fonică, protecția împotriva șocurilor mecanice etc.

Apariția și evoluția tencuielilor este strîns legată de rolul lor și de evoluția materialelor de construcții folosite atît la elementele de rezistență, cît mai ales la tencuieli.

Realizarea, încă din cele mai vechi timpuri, a locuințelor din piatră naturală sau artificială și din lemn, a dus la necesitatea completării golurilor și a rosturilor în scopul îmbunătățirii capacității de izolare a elementelor (la transmiterea căldurii sau la trecerea aerului), al creării unor suprafețe netede, mai plăcute și mai ușor de întreținut, al protejării clădirilor de influența agenților atmosferici.

La început, tencuielile au fost realizate din argilă, material curent utilizat care se aplica ușor dar care era sensibil la acțiunea umidității.

O etapă marcantă în evoluția lucrărilor de tencuieli se realizează după descoperirea lianților minerali: ipsosul, varul și cimentul, care au permis realizarea ușoară, pe cale umedă, a unor tencuieli rezistente și durabile, fiind finisajul cel mai adecvat pentru elementele din zidărie sau din lemn. Prin protejarea lemnului cu ajutorul tencuielilor rezistente, se asigură durabilitatea lui, ceea ce a condus la folosirea pe scară largă a materialului lemnos în construcții.

Vechile tencuieli pe bază numai de var se executau foarte îngrijit, varul se stinge cu luni de zile înainte de a fi întrebuințat hidratîndu-se complet, mortarul se prepara cu multă grijă, nisipul se alegea de o anumită granulozitate,

fiind utilizat în proporții corespunzătoare. Se luau măsuri ca tencuiala proaspătă să fie menținută în stare umedă, în special în timpul verii, pentru ca să nu crape.

Atît în antichitate cit și în evul mediu, mortarul se prepara pentru clădirile importante, ca pentru lucrările de artă. Produsul finit se prezenta ca o tencuială foarte rezistentă, lipsită de tensiuni interioare și permeabilă la vaporii de apă. Astfel de tencuieli se mențineau mult timp în stare bună, opuneau eroziunii atmosferice o rezistență remarcabilă și asigurau totodată un schimb de umiditate normal în structura peretelui.

Odată cu apariția cimentului și adăugarea lui în mortarele de var, condițiile de preparare a acestora s-au complicat, timpul de priză s-a modificat iar masa mortarelor se contractă sau se umflă, apărînd, uneori, microfisuri.

Odată cu apariția zugrăvelilor decorative, s-au produs unele schimbări în modul de comportare al tencuielilor. Dacă zugrăveala exterioară este etanșă la migrația vaporilor de apă, se schimbă radical regimul de umiditate al elementului și al tencuielilor, ceea ce conduce la degradarea lor. Spoielele subțiri s-au comportat bine, permițînd trecerea vaporilor de apă, ceea ce explică faptul că zugrăvelile exterioare de var s-au răspîndit așa de mult.

În timpuri mai recente s-a trecut la tencuieli executate mai rapid, dintr-unul sau în două straturi, renunțîndu-se la a păstra mult timp varul pastă înainte de utilizarea lui, deoarece a început să se folosească var praf hidratat livrat în saci, care se transformă imediat în pastă prin amestecare cu apă.

Cerințele estetice au dus la dezvoltarea deosebită a tencuielilor exterioare, iar în cazul construcțiilor deosebite și a tencuielilor interioare. Astfel, au apărut o serie de tencuieli decorative, necesitînd materiale și tehnologii noi de execuție.

Scurtarea duratei de execuție a dus la tehnologia mecanizată a tencuielilor umede și la apariția tencuielilor uscate.

Cerințele privind protecția fațadelor clădirilor au introdus în practica construcțiilor soluții noi, folosindu-se culori de dispersie pe bază de rășini sintetice hidrofobe, de elastomeri (latexuri sintetice), de rășini siliconice (respingătoare de apă) etc. Prin realizarea unor astfel de tencuieli se urmărește obținerea unor finisaje hidrofobe la acțiunea umidității din exterior, permițînd în același timp difuzia vaporilor de apă din interior spre exterior.

20.2. CLASIFICAREA TENCUIELILOR

După poziția lor în construcție, se disting: tencuieli exterioare și tencuieli interioare.

După materialul suport pe care se aplică, tencuielile pot fi: pe cărămidă, pe beton greu sau ușor, pe zidărie din piatră, pe plăci și fișii din beton celular autoclavizat sau din ipsos, pe șipci, pe trestie, pe rabiț, pe stufiț, pe stabilit etc.

După tehnologia de execuție, tencuielile pot fi umede, semiumede sau uscate.

După rezistența la acțiunea umidității (apă sau o cantitate mare de vaporii de apă), tencuielile se clasifică în:

- tencuieli nerezistente (de exemplu cele din var, ipsos sau din argilă);
- tencuieli semirezistente (din ciment + var);
- tencuieli impermeabile (cele sclivisite sau hidrofobe).

După modul de comportare la acțiunea undelor sonore, tencuielile pot fi fonoabsorbante sau neabsorbante fonice.

După modul de prelucrare a feței văzute, tencuielile se clasifică în:

— tencuieli brute, cu fața vizibilă prelucrată grosier, care se utilizează acolo unde nu se cer fețe perfect plane (subsoluri, calcane, poduri), avînd funcția principală de protecție;

— tencuieli drișcuite (obișnuite sau simple), la care paramentul trebuie să fie plan și se netezește în acest scop cu drișca. Se folosesc în mod curent la pereții clădirilor de locuit, magazine, birouri, clădiri de mică importanță etc.;

— tencuieli gletuite, care sînt tencuieli drișcuite acoperite cu glet (strat subțire de pastă de var sau ipsos, netezit cu drișca metalică). Au un aspect mai îngrijit, folosindu-se la încăperi de locuit, la săli de spectacole (teatre, cinematografe, cămine culturale), spitale etc. Tencuielile cu glet de ipsos se utilizează în special în scopul netezirii suprafețelor, care urmează a fi vopsite cu ulei (în băi, bucătării, săli cu aglomerații mari de oameni etc.);

— tencuieli sclivisite care se execută cu mortar de ciment iar fața vizibilă se prelucrează cu pastă de ciment, netezind-o cu o drișcă de oțel. Se folosesc la încăperi cu umiditate relativă interioară foarte ridicată (băi publice, spălătorii, cămine de vizitare etc.) sau la construcții pentru înmagazinarea anumitor lichide (rezervoare, bazine etc.);

— tencuieli subțiri, care sînt folosite pentru finisarea suprafețelor plane și netede ale elementelor de construcții din beton realizate în cofraje de inventar, a panourilor mari, a elementelor din azbociment etc. Se întrebunțează diferite paste (de exemplu pasta GIPAC) și vopsele care se aplică pe suprafețele respective cu șpaclu într-un strat de circa 1 mm grosime și care poate fi zugrăvit sau vopsit;

— tencuieli decorative, folosite la clădirile importante și monumentale amplasate mai ales pe arterele principale de circulație, ca de exemplu: la blocuri de locuințe cu mai multe niveluri, teatre, hoteluri, clădiri administrative importante, universități etc., care necesită o finisare deosebită a fațadelor. Aceste tencuieli sînt mai scumpe, dar necesită o întreținere mai redusă în timp și asigură construcției un finisaj și un aspect definitiv, fără a mai fi necesară o zugrăveală ulterioară. Aspectul estetic plăcut al tencuielilor decorative se obține prin compoziția mortarului, prin modul de aplicare și prin modul de prelucrare a feței văzute. Tencuielile decorative sînt, în general, colorate și culoarea lor se obține fie prin introducerea în mortarul stratului vizibil a unor coloranți, fie prin folosirea agregatelor obținute prin măcinarea unor roci colorate.

În funcție de aspectul feței văzute, tencuielile decorative pot fi:

— tencuieli decorative simple, care sînt tencuieli drișcuite cu stratul vizibil realizat din tinci obișnuit în care se adaugă o culoare;

— tencuieli cu praf de piatră, cu fața văzută drișcuită, executate cu mortar de praf de piatră, în loc de nisip, cu sau fără colorant;

— tencuieli stropite, la care pe fața drișcuită se adaugă prin stropire (manuală sau mecanizată) un strat de mortar de ciment fluid, obținîndu-se o față zgrunțuroasă, fără prelucrare ulterioară;

— tencuieli în calcio-vecchio, care au fața vizibilă cu ieșituri și adîncituri mai pronunțate și uniform repartizate pe suprafața tencuită. Stratul de tinci de 5 ... 8 mm grosime se prelucrează în stare plastică cu drișca, peria, buretele sau bidineaua;

— tencuieli pieptănate, care au fața văzută brăzdată în formă de linii paralele (hașuri) cu ajutorul unui pieptene metalic sau cu peria din sîrmă;

— tencuieli în evantai, ce se obțin prelucrînd tinciul cu ajutorul mistriei, care prin așezări repetate și rotiri pe un sfert de cerc formează aspectul de evantai;

— *tencuieli de terasit sau dolomit*, care folosesc amestecuri gata preparate. Terasitul este un amestec uscat de griș de marmură, nisip, ciment, mică și colorant, preparat în fabrici, care pe șantier se amestecă cu lapte de var. Terasitul se livrează în diferite culori și de diferite sorturi, în funcție de mărimea granulelor grișului de marmură (1 ... 6 mm). Când în locul grișului de marmură se folosește dolomit, atunci amestecul se numește dolomit. Tencuielile de terasit sau dolomit au fața uniform zgrunțuroasă, având vizibile grișul de marmură sau dolomitul și mica, care formează pe suprafață puncte lucitoare;

— *tencuieli din piatră artificială sau similită piatră*, care au fața văzută prelucrată pentru a obține aspect de piatră naturală. Fața tencuielii se poate prelucra în câmp continuu sau împărțind suprafața ei în dreptunghiuri prin rosturi (asize), pentru a imita blocurile de piatră. Prelucrarea se poate face prin frecare cu o perie de sîrmă moale pentru îndepărtarea laptelui de ciment, prin buceardare cu un ciocan special denumit buceardă care are crestați dinți pe suprafața cu care se lovește, prin pieptănare sau rașchetare când se trag cu rașcheta prevăzută cu dinți, șanțuri verticale și prin spițuire, care constă în cioplirea suprafeței tencuielii cu ajutorul spițului;

— *tencuieli în imitație de marmură (ștuc-marmură)*, la care stratul vizibil se execută din ipsos colorat, preparat cu apă și cu adaos de clei pentru încetinirea prizei și adus prin șlefuire și lustruire, după întărire, până la luciul de oglindă căpătînd aspectul marmurei; se folosește numai la interior la finisarea pilăștrilor, stîlpilor, coloanelor și lambriurilor în încăperile clădirilor monumentale (holuri, săli de lectură, teatre etc.). În loc de ipsos se poate folosi varul, în care caz se adaugă praf și mozaic de marmură, ceară de albine, parafină, talc etc.;

— *tencuieli de mozaic lustruit*, care sînt realizate ca și pardoselile de mozaic; se utilizează la interior în încăperi umede și la exterior la socluri și parapete de scări;

— *tencuieli sgraffito*, la care pe stratul de grund se aplică două sau trei straturi de tinci de diferite culori și apoi, prin răzuire, se îndepărtează straturile superioare în locurile corespunzătoare modelului ales, obținînd un desen colorat în relief; se realizează pe suprafețele ornamentelor arhitectonice, ancadramentelor etc.;

— *tencuieli din marmor-rock*, care folosește marmor-rockul, un material în suluri, realizat prin aglomerarea pe un suport textil a granulelor de marmură de 0,5 ... 1; 1 ... 2; 2 ... 3 mm, cu un liant incolor din rășini sintetice. Se fabrică în diferite culori, după culoarea naturală a marmurei, se livrează în fișii (suluri) cu lățimea de 1 m, lungimea de 5 sau 10 m, iar grosimea variabilă în funcție de dimensiunile granulelor și se folosește la îmbrăcarea interioară și exterioară a pereților, constituind un finisaj decorativ cu aspect plăcut și care poate înlocui cu succes tencuiala din terasit sau dolomit.

20.3. CONDIȚII TEHNICE PENTRU TENCUIELI

Condițiile tehnice impun tencuielilor anumite proprietăți legate de domeniul de aplicare, de cerințele de exploatare etc.

Condițiile capitale, legate de durabilitate, determină menținerea în timp a caracteristicilor fizice, chimice și mecanice ale tencuielilor, avînd în vedere condițiile mediului ambiant. Durabilitatea tencuielilor trebuie corelată în același sens cu durabilitatea construcțiilor și a elementelor de construcții. Această

condiție se pune mai pregnant tencuielilor exterioare, unde mediul acționează prin îngheț-dezghet, umiditate, acțiunea biologică a microorganismelor, coroziune etc. În cazul tencuielilor interioare, problema durabilității se pune prin rezistența lor la foc, iar în cazul încăperilor speciale, prin rezistența la acțiunea chimică a substanțelor din mediul înconjurător.

Condițiile mecanice, deși privesc în special elementele de rezistență și construcțiile în ansamblu, se pot considera și în cazul tencuielilor, astfel:

— în cazul tencuielilor impermeabile, formarea fisurilor nu este permisă, de aceea se vor folosi materiale cu contracție mică sau se va prevedea o armare pentru preluarea eforturilor de întindere;

— se impune o anumită valoare aderenței dintre tencuială și stratul suport pentru evitarea desprinderii în cazul unor acțiuni mecanice.

Condițiile fizice și igienice de exploatare au un rol important în cazul tencuielilor. Tencuielile completează rezistențele termice și fonice ale elementelor și permit menținerea, în condiții igienice, a elementelor.

Condițiile de ordin arhitectural-estetic sînt deosebit de importante deoarece ele determină aspectul final al construcției prin calitatea finisajului, prin culoare etc.

Condițiile economico-organizatorice sînt importante deoarece lucrările de tencuiri necesită o cantitate mare de manoperă și de aceea, în scopul reducerii manoperei și creșterii productivității muncii, se impun metode mecanizate și tehnologii noi de execuție a tencuielilor, cu eliminarea proceselor umede.

20.4. TENCUIELI UMEDE

20.4.1. ALCĂTUIREA TENCUIELILOR UMEDE

În general, tencuielile umede sînt alcătuite din trei straturi: spițul, grundul și stratul vizibil sau tinciul (fig. 20.1).

Spițul este primul strat și are ca scop să asigure o suprafață rugoasă pentru legătura bună a tencuielii cu suprafața suport. Se execută dintr-un amestec de consistență fluidă 9...12 cm, în grosime de 2...3 mm, preparat din ciment, apă și uneori nisip. Spițul se aplică pe toate tipurile de suprafețe, cu excepția zidăriei din cărămidă, unde în general nu se execută.

Grundul este stratul cel mai gros al tencuielii și servește pentru acoperirea neregularităților suprafeței sau remedierea abaterilor de la verticală (la pereți) și de la orizontală (la tavane). Se realizează din mortar mai consistent (7...8 cm), care se aplică pe spițul întărit în una sau două reprize (0,8 cm grosime pentru o repriză).

Stratul vizibil (tinciul) se aplică pe grundul întărit și umezit în prealabil și are ca scop să dea forma și aspectul definitiv tencuielii. Grosimea tinciului, compoziția și consistența mortarului sînt în funcție de modul de prelucrare al paramentului (în vederea realizării unor tencuieli obișnuite sau decorative).

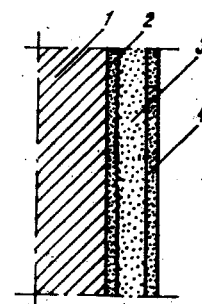


Fig. 20.1. Alcătuirea tencuielilor umede:
1 - strat suport; 2 - spiț;
3 - grund; 4 - strat vizibil (tinci).

Mortarele pentru tencuieli se clasifică după natura liantului de bază și a adaosului, astfel:

- mortare pe bază de var (de var, de var-ipsos, de var-ciment, de tras-var);
- mortare pe bază de ciment (de ciment, de ciment-var, de ciment-argilă);
- mortare pe bază de ipsos (de ipsos, de ipsos-var);
- mortare pe bază de lianți sintetici (materiale plastice).

Mărcile și condițiile tehnice ale mortarelor și agregatelor pentru tencuieli sînt date în standardele 1 030—70, 2 634—70, 5 582—72 și 790—73.

În compoziția mortarelor intervin materiale de bază (lianți, agregate, apă) și materiale auxiliare (coloranți, plastifianți, întirzietori de priză etc.).

Lianții folosiți la prepararea mortarelor pentru tencuieli pot fi:

- lianți aerieni sau nehidraulici (varul gras, argila și ipsosul pentru tencuială);
- lianți hidraulici (cimentul, varul hidraulic).

Agregatele au rolul de a micșora contracția liantului, de a mări rezistența mecanică și a economisi liant. În mod curent, se folosește nisip de râu, praf de piatră, griș de marmură, terasit, dolomit, zgură, rumeguș, puzderie etc. Nisipul pentru tencuieli trebuie să aibă granule cu dimensiuni mai mici de 1...3 mm, să provină din roci dure, să fie curat (fără urme de sulf, argilă și adaosuri organice), să nu conțină părți levigabile în cantitate mai mare de 3...8% (pentru tencuieli obișnuite) sau 1% (pentru tencuieli decorative). Pentru grundul tencuielilor obișnuite se poate folosi și nisipul din zgură concasată. Grișul (cu granulația 0,3...5 mm) și praful de piatră (cu granule mai mici de 0,3 mm) se obțin prin concasarea rocilor de diferite culori (marmură și calcar) și prin ciuruirea lor cu diferite site.

Apa folosită la prepararea mortarelor se utilizează numai pe baza determinărilor de laborator pentru cunoașterea compoziției în vederea evitării prezenței acizilor și a deșeurilor minerale.

Pe lângă materialele de bază, în componența mortarelor intră și alte materiale, cum ar fi: coloranți, întirzietori de priză, plastifianți.

Uneori, pentru pregătirea suprafețelor suport sînt necesare o serie de materiale auxiliare, cum ar fi:

- plasă de rabiț, din sîrmă de oțel zincat (diametrul 0,5...0,8 mm), avînd ochiuri de 1,6...2 cm;
- plasă metalică (metal întins), fabricată din foi de tablă de 0,5...3 mm grosime, în care s-au practicat tăieturi, rezultînd după întindere ochiuri rom-bice;
- oțel-beton (Ø6...8 mm), utilizat pentru scheletul de fixare al plasei de rabiț;
- sîrmă zincată (Ø2...2,5 mm), folosită sub formă de mustăți fixate de armătura planșeului (înainte de turnarea betonului), de care se suspendă rețeaua de oțel-beton pentru rabiț. Se folosește la mascarea conductelor, a grinzilor sau a unor spații tehnice;
- sîrmă zincată (Ø1,5...2 mm), pentru legarea plasei de rabiț de scheletul de susținere;
- șipci de 3,8 × 2,2 cm și țesătură de trestie pentru tencuieli pe straturi suport din lemn etc.

Tencuielile se aplică după ce au fost executate lucrările în roșu. Începerea executării tencuielilor este în funcție de terminarea tasării construcției și de uscarea aproape totală a stratului suport.

După pregătirea suprafețelor, care trebuie să fie plane, să asigure aderența, să fie uscate și rigide, se trece la executarea tencuielilor. Suprafețele din zidărie se umezesc în prealabil, pentru a se evita absorbția excesivă a apei din mortar. Pereții cu schelet din lemn se acoperă cu șipci de lemn de 2,2 × 3,8 cm la distanțe de 2...4 cm și orientate la 45°. Pregătirea suprafețelor cu rabiț apare necesară la tencuieli pe metal, la tavane plane pentru mascarea grinzilor de planșeu (fig. 20.2), la mascarea conductelor etc. Dacă este necesar să se mărească rezistența mecanică a colțurilor, acestea se armează cu colțare metalice din tablă (fig. 20.3). În mod obișnuit, la o construcție se începe cu executarea tencuielilor interioare și numai după uscarea acestora se trece la realizarea celor exterioare.

Executarea propriu-zisă a tencuielilor cuprinde trasarea și aplicarea mortarului pe suprafețele suport.

Trasarea se face în scopul de a stabili verticalitatea, în cazul pereților, orizontalitatea, în cazul tavanelor și planeitatea suprafețelor, urmărind a obține o grosime cât mai redusă a tencuielii. Trasarea cuprinde punctarea și executarea stîlpișorilor sau fixarea reperelor. Punctarea constă în aplicarea pe suprafața de tencuit a unui număr de martori realizați din mortar, astfel ca fața acestor martori să corespundă cu fața grundului. Între martori se execută stîlpișori (fișii), care servesc pentru nivelarea grundului cu ajutorul dreptarelor. Martorii și reperele se execută din mortar pe bază de ipsos sau pot fi înlocuiți cu piese de inventar metalice sau din lemn.

Șprițul se aplică manual prin aruncarea cu putere a mortarului cu canciocul sau cu o mătură pe suprafața de tencuit sau mecanizat cu ajutorul pompelor de mortar, astfel încît să formeze un strat cât mai subțire, continuu pe întreaga suprafață. Stratul de șpriț nu se nivelează. La suprafețele de rabiț nu se aplică șpriț, ci un strat suport pentru grund, care se numește *șmir* executat din mortar de var cu ipsos sau var cu ciment, după cum este și mortarul grundului. Șmirul se aplică apăsîndu-l cu dosul mistriei pe plasa de rabiț, astfel ca să intre bine în ochiurile plasei și nu se nivelează.

Grundul se aplică numai după ce șprițul (sau șmirul) s-a întărit. La zidăriile din cărămidă grundul se aplică, în general, direct pe zidăria umezită în prealabil, în cazul cînd aceasta este foarte uscată. Grundul se aplică manual într-un singur strat, prin aruncarea cu putere a mortarului pe suprafețele de tencuit cu can-

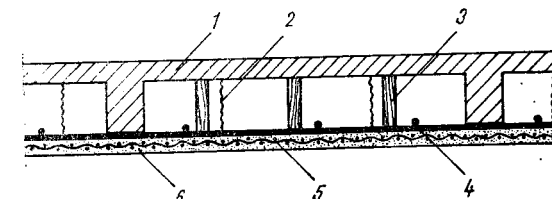


Fig. 20.2. Tavan pe rabiț:

1 — planșeu din beton armat; 2 — mustăți de legătură; 3 — popi de distanțare; 4 — vergele de oțel-beton; 5 — plasă de rabiț; 6 — tencuială.

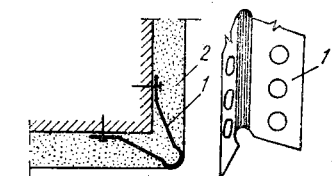


Fig. 20.3. Protecția colțurilor cu profiluri metalice:

1 — profil din tablă zincată; 2 — tencuială.

ciocul, mistria sau fârașul sau se aplică mecanizat cu pompe de mortar sau mașini de tencuit.

Aplicarea mortarului pe perete se face între stâlpișori, în fișii orizontale, începînd de jos în sus, într-un strat cît mai uniform și de grosimea stâlpișorilor, apoi cu ajutorul dreptarului, ținîndu-l în poziția orizontală și sprijinit pe doi stâlpișori, se nivelează mortarul prin mișcări orizontale de du-te-vino și deplasîndu-l treptat de jos în sus, pentru ca surplusul de mortar să se adune pe dreptar. După prima nivelare se completează golurile rămase și se nivelează din nou. La tavane, execuția se face în mod identic, însă pe orizontală.

Stratul vizibil se aplică după uscarea grundului (sau albirea lui la tencuielile pe bază de var), începînd cu tavanul. Dacă grundul este complet uscat, acesta se stropește cu apă înainte de aplicarea stratului vizibil. La tencuielile exterioare, înainte de aplicarea stratului vizibil, se execută toate profilurile fațadei.

În funcție de natura stratului vizibil (simplu, stropit, de terasit etc.) se stabilește și tehnologia de execuție.

20.5. ADERENȚA TENCUIELILOR UMEDE LA STRATUL SUPORT

Durabilitatea, în condiții de exploatare a finisajelor și în special a celor exterioare, este în funcție de o serie de fenomene fizice, mecanice și chimice legate de interacțiunea suport-finisaj, dintre care cel mai important este aderența.

Fenomenele care se produc la aplicarea tencuielilor trebuie analizate din punctul de vedere al fizicii moleculare. Totodată se va avea în vedere că un rol important în fenomenul de aderență îl are natura suportului, porozitatea și rugozitatea lui, precum și consistența mortarelor, dozaajul de ciment, granulozitatea agregatului etc.

Natura aderenței trebuie explicată prin fenomene fizice la nivel de moleculă. În mortar, din cauza deformării învelișului electronic, centrul de greutate al nucleelor atomilor (cu sarcină electrică pozitivă) nu mai coincide cu centrul de greutate al sistemului de electroni (cu sarcină electrică negativă), astfel că molecula de mortar se transformă într-un micromagnet (molecule polarizate, dipol). Între moleculele mortarului și suprafața suport se nasc forțe de legătură de tip Van der Waals, care deși sînt mult mai mici (cîtiva W/moleculă gram), decît cele corespunzătoare legăturilor chimice, au totuși o deosebită importanță la realizarea fenomenului de aderență datorită mulțimii moleculelor (fig. 20.4).

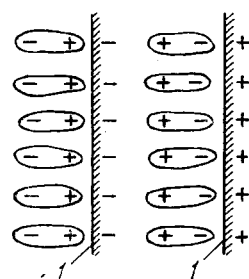


Fig. 20.4. Orientarea moleculelor dipol ale mortarului în raport cu natura suprafeței suport:
1 - suprafața stratului suport.

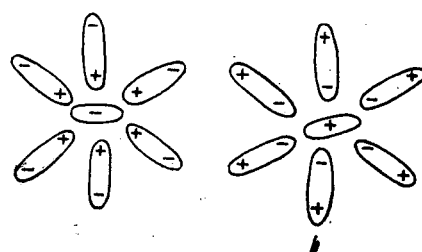


Fig. 20.5. Gruparea orientată a dipolilor de apă în jurul suprafeței unei particule de clincher:
a - micel format pe particule negative; b - micel format pe particule pozitive.

Moleculele din componența mortarului care se polarizează cel mai ușor sînt moleculele de apă, alte particule de dimensiuni microscopice (particule de clincher în curs de hidratare, microparticule de praf din partea fină a nisipului etc.), avînd sarcini electrice, pot fi centre de polarizare, formîndu-se miceli (fig. 20.5). Ansamblul particulelor de clincher-nisip și dipoli de apă, care compun mortarul unei tencuieli, formează o structură micelară.

Un astfel de mortar sau o pastă preparată cu apă poate fi privită în stare proaspătă ca o suspensie coloidală de particule în apă, care se supun legilor fizicii coloidale, atunci cînd sînt puse în contact cu suprafața fațadelor.

Adeziunea inițială a mortarelor proaspete pe suprafața suport este efectul produs de tensiunea superficială care ia naștere între mortar și suprafața fațadei. Această tensiune superficială se produce ca urmare a efectului de polarizare (de orientare, implicit de atracție sau repulsie electrostatică) dintre moleculele mortarului și suprafața suport, polarizare generată de apariția forțelor Van der Waals.

Se poate spune că adeziunea mortarelor este un fenomen molecular (fenomen de interfață) la care tensiunea superficială apărută datorită stării proaspete a acestora este neapărat necesară. Adeziunea crește treptat de la zero pe măsură ce mortarul se întărește și se transformă în aderență, care este un fenomen ce reflectă coeziunea moleculară, caracteristic stării solide. Coeziunea moleculară este un fenomen electrochimic, fiind în funcție de natura materialelor care au fost puse în contact, deci în mod implicit intervine și tipul legăturilor chimice. În principiu, coeziunea scade odată cu creșterea distanței față de suprafața de separare dintre mortar și stratul suport (fig. 20.6) și este mai puternică dacă numărul moleculelor de apă este mai mare la mortare fluide și spriț; o plasticitate exagerată conduce însă la curgerea mortarului pe suprafața suport.

Pe lângă fenomenul electrochimic care asigură o aderență corespunzătoare, aceasta se poate mări datorită porozității suprafeței suport care absoarbe apă, lianților și solvenților din compoziția mortarului. Această difuziune și întrepătrundere a stratului de finisaj în porii suprafeței produce și o ancorare mecanică. Pe suprafețele lise de beton aderența este mai redusă, fiind numai de natură electrochimică.

Din punct de vedere chimic este necesar să existe compatibilitate între materialele care vin în contact; în caz contrar se produce desprinderea tencuielii de stratul suport, de exemplu, la contactul dintre ciment și ipsos, aluminatul de calciu hidratat din compoziția cimentului intră în reacție cu sulfatul de calciu hidratat din compoziția ipsosului și formează hidrosulfat aluminat de calciu expansiv, care duce la degradarea tencuielii. În cazul tencuielilor bazate pe adeziivi sau aditivi din polimeri, polimerul trebuie astfel ales încît să fie compatibil cu natura suportului; în caz contrar, în special la straturi suport din beton, se produce un proces de saponificare a polimerului, ceea ce contribuie la compromiterea aderenței.

O importanță mare la conlucrarea tencuiii-strat suport o au fenomenele reologice, contracția și curgerea lentă, care provoacă deformarea elementului

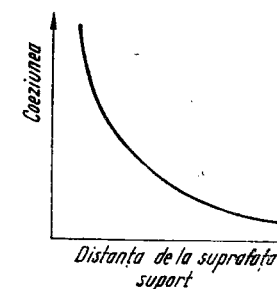


Fig. 20.6. Variația coeziunii în funcție de distanța față de suprafața de separație.

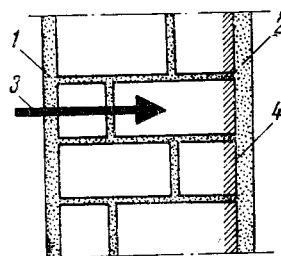


Fig. 20.7. Reprezentarea schematică a modului de formare a condensului în spatele unei tencuieli exterioare, impermeabilă la vaporii de apă:

1 - tencuială interioară; 2 - tencuială exterioară; 3 - sensul de difuzie a vaporilor de apă; 4 - suprafața de condens.

de la interior spre exterior, trecând spre temperaturi din ce în ce mai scăzute, ceea ce duce la mărirea pericolului de condens. Dacă tencuiala exterioară nu permite trecerea vaporilor, ea se comportă ca o barieră de vaporii. Mărindu-și cantitatea, vaporii de apă vor condensa în acest caz în spatele tencuielii exterioare (fig. 20.7). Prin înghețarea și mărirea volumului apei de condens, aderența este compromisă și totodată, apa de condens poate antrena sărurile minerale, pătrund fațada clădirii. Se recomandă ca tencuielile exterioare să fie alcătuite din materiale poroase, iar în cazul unor umidități interioare mari să fie oprită circulația vaporilor cu ajutorul barierelor de vaporii dispuse la interior.

20.6. TENCUIELI USCATE

Tencuielile umede, executate prin folosirea mortarelor plastice, au o serie de dezavantaje, cum ar fi:

- introduc în încăperile unde se aplică, o mare cantitate de apă. Pentru evacuarea apei, operație necesară uscării tencuielilor, se cere un timp îndelungat, ceea ce împiedică continuarea altor lucrări de finisaj (spoieli, zugrăveli etc.), iar pe timp friguros, pentru ca tencuielile să fie ferite de îngheț și pentru ca să se grăbească uscarea lor, este necesară încălzirea încăperilor tencuite;
- apa introdusă în încăperile tencuite, odată cu mortarele, are uneori influențe negative asupra altor lucrări, ca timplăria, parchetul etc., deoarece lemnul absorbind umiditatea din cameră, se umflă, iar ușile și ferestrele nu se mai închid, fiind necesară ajustarea lor;
- necesită un volum mare de manoperă.

Folosirea tencuielilor uscate constituie o posibilitate de industrializare a lucrărilor de tencuieli, având următoarele avantaje:

- economie de material și manoperă;
- rapiditate în execuție prin eliminarea proceselor umede;
- execuție mecanizată.

suport. Acestea intervin, în special, în cazul mortarelor rigide aplicate pe pereții proaspăt executați, care suportă încărcări verticale mari. Se recomandă ca în cazul clădirilor cu pereți din zidărie sau din beton armat executați cu ajutorul cofrajelor glisante, tencuielile să se execute după terminarea curgerii lente și contracției pereților.

Condițiile higrotermice ale mediului (temperatură și umiditate) exercită influențe importante asupra aderenței, în special în cazul tencuielilor exterioare și al celor interioare din încăperi cu umiditate relativă ridicată. Acțiunea mediului asupra aderenței se manifestă prin starea de eforturi ce poate interveni ca urmare a dilatărilor și contragerilor diferite ale tencuielii și elementului suport.

Pe timp de iarnă, comportarea tencuielii exterioare este influențată de regimul de umiditate al mediului interior. Se știe că vaporii de apă migrează prin perete

Tencuielile uscate se pot folosi la încăperile construcțiilor de locuințe, social culturale, industriale etc. Au dezavantajul că nu se pot utiliza la încăperi cu umiditate relativă interioară mare (în general, peste 60%) și nici în exterior. Se pot aplica pe suprafețe de zidărie, beton, lemn etc.

20.6.1. ALCĂTUIREA TENCUIELILOR USCATE

Tencuielile uscate sînt realizate din plăci prefabricate de mărime medie sau mare sau din fișii confecționate din ipsos și agregate (în special fibre vegetale cu rol de armătură) sau din plăci fibrolemnoase.

Procesul de întărire a tencuielilor prefabricate este epuizat în fabrici, pe șantier făcîndu-se numai montarea lor.

20.6.2. PREFABRICATE PENTRU TENCUIELI USCATE

Plăcile prefabricate sînt realizate din ipsos și materiale organice, au forme dreptunghiulare: 0,70...1,50 m lățime, 1,0...3,6 m lungime și 0,8...1,2 cm grosime. Se prezintă în următoarele tipuri:

- *plăci de ipsos armate cu carton*, confecționate din ipsos și rumeguș (3% în greutate), căptușite pe ambele fețe cu carton, în scopul mării rezistenței la transport și montaj și de a evita formarea fisurilor la fixarea cu cuie;
- *plăci din materiale organice* confecționate prin presare din ipsos, deșeuri de lemn și cîneapă, tratate chimic pentru a le asigura rezistența la apă și foc; suprafața plăcilor poate fi definitiv finisată sau brută, în acest caz pe șantier realizîndu-se șpacluarea și finisarea prin zugrăvire;
- *plăci ghips-organice*, alcătuite din ipsos și fibre organice (cîneapă, trestie) în proporție de 6...10%, cu dimensiunile 0,6...0,8 m lățime și 3,0...3,5 m lungime.

Pentru a mări capacitatea de izolare termică a panourilor de tencuială, nisipul de riu se poate înlocui cu nisip ușor, zgură expandată de furnal, granolit etc., mortarul tencuielii realizîndu-se, de exemplu, din o parte var la patru părți zgură, cu adaos de ipsos pînă la 40% (în volume).

20.6.3. MONTAJUL TENCUIELILOR USCATE

Fixarea plăcilor prefabricate de tencuială uscată se poate realiza cu:

- cuie zincate cu diametrul de 2 mm și lungimea de 30 mm, pe suport de lemn;
- lipire cu mortar de ipsos;
- lipire cu mastic de bitum.

În cazul fixării plăcilor prin cuie, pe tavan și pe pereți se montează întii un schelet din șipci dispuse pe două direcții perpendiculare, la distanțe stabilite în funcție de dimensiunile plăcilor și astfel ca rosturile dintre plăcile de tencuială să cadă pe șipci (fig. 20.8 și 20.9). Scheletul astfel realizat trebuie să determine suprafețe perfect plane, orizontale la tavane și verticale la pereți. Fixarea scheletului pe elemente din zidărie se face în dibluri sau șipci înzidite. În cazul elementelor din beton sînt lăsate șipci înglobate la turnarea betonului. La elemente din lemn, șipcile sînt prinse cu cuie direct pe elementul de rezistență.

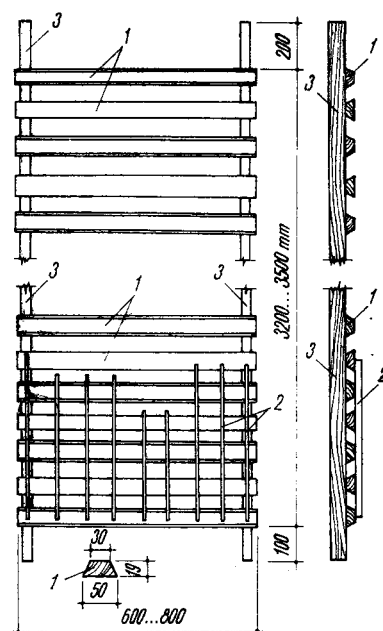
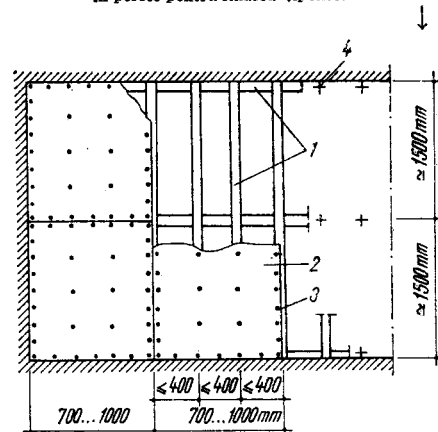


Fig. 20.8. Schelet din șipci pentru tencuieli uscate din plăci de ipsos :

1 - șipcă trapezoidală; 2 - fișii de sîndrîlă sau rogojină de trestie; 3 - grinzioare.

Fig. 20.9. Fixarea cu cuie a plăcilor de tencuială uscată :

1 - șipci; 2 - plăci prefabricate; 3 - cuie; 4 - dibluri în perete pentru fixarea șipcilor.



Lipirea plăcilor din ipsos și carton se poate realiza cu ipsos, în diverse moduri :

- direct pe peretele suport cînd suprafața de finisat este plană și regulată;
- pe fișii de ghidare, orizontale și verticale, din mortar de var cu ipsos, ipsos sau ipsos și carton;
- prin puncte, sistem indicat la plăcile de dimensiuni mici, care se acoperă ulterior cu tapete și constă din turte de ipsos de 5...10 cm diametru, dispuse pe ambele direcții la 30...40 cm în lungul laturilor plăcilor.

Lipirea se poate realiza și cu mastic de bitum preparat la rece din emulsii de bitum, sticlă solubilă și cretă măcinată, pe fișii din mortar de ipsos sau de tencuială uscată.

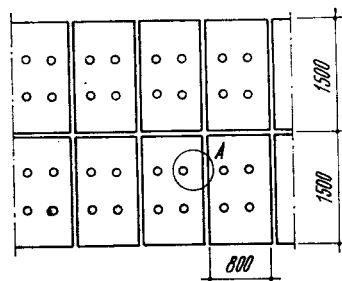


Fig. 20.10. Fixarea cu ipsos a plăcilor de tencuială uscată :

1 - placă de ipsos; 2 - găuri în placă pentru fixare de stratul suport; 3 - pastă de ipsos.

Pentru a evita tasarea, desprinderea sau crăparea plăcilor, se recomandă ca montarea lor să se facă după tasarea structurii de rezistență a construcției.

După aplicarea plăcilor, fața vizibilă a lor se finisează prin astuparea rosturilor, după care se zugrăvesc. Rezultate mai bune la finisarea feței vizibile se obțin prin lipirea tapetelor.

Tencuieli uscate se pot realiza și din plăci de ipsos fără carton, cu dimensiunile de 1,50 x 0,80 m și grosimea de 10 mm, care au marginile teșite, iar în cîmp o serie de găuri tronconice pentru fixarea lor pe perete (fig. 20.10). După montarea lor provizorie, plăcile sînt fixate definitiv cu pastă de ipsos, introdusă prin găuri cu o pompă de mînă.

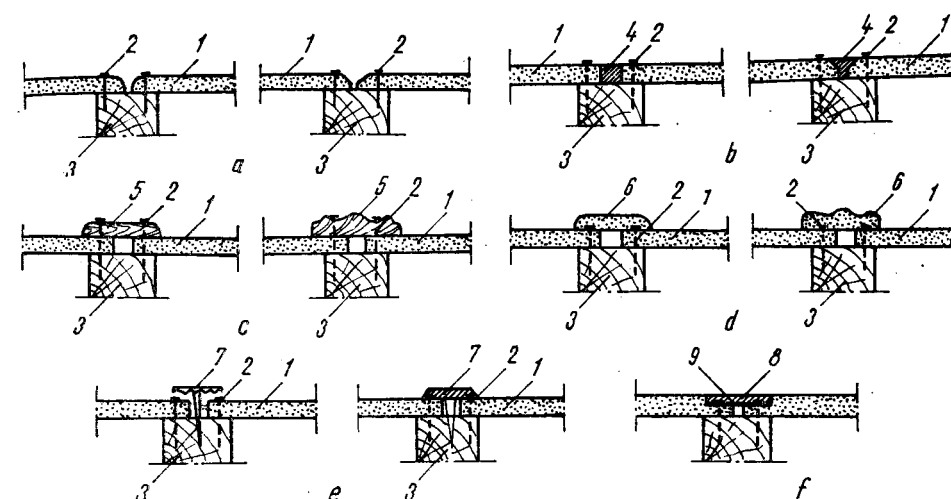


Fig. 20.11. Diverse sisteme de executare a rosturilor :

a - rosturi deschise; b - rosturi umplute cu mortar de ipsos; c - rosturi acoperite cu șipci din lemn; d - rosturi acoperite cu profiluri metalice; e - rosturi acoperite cu profiluri metalice sau din materiale plastice; f - rosturi acoperite cu tifon și chit; 1 - placă de tencuială uscată; 2 - cui pentru fixarea plăcilor; 3 - șipcă; 4 - rost umplut cu mortar din ipsos; 5 - profil din lemn; 6 - profil din ipsos; 7 - profil metalic sau din materiale plastice; 8 - chit; 9 - tifon.

Nu se recomandă folosirea în aceeași încăpere a tencuielilor umede și a celor uscate. Dacă totuși, în anumite cazuri se stabilește această soluție, în primul rînd se execută tencuielile umede, iar cele uscate se realizează după completa uscare a celor umede.

20.6.4. ROSTURILE TENCUIELILOR USCATE

În general, între plăcile montate rămîn rosturi de 3...4 mm care se prelucrează ulterior pe considerente estetice și igienice.

După modul de prelucrare, se pot distinge următoarele tipuri de rosturi :

- rosturi deschise, cărora nu li se mai aplică nici un tratament ulterior (fig. 20.11, a);
- rosturi aparente, care se prelucrează prin umplerea lor cu ipsos (fig. 20.11, b);
- rosturi acoperite cu șipci de lemn (fig. 20.11, c);
- rosturi acoperite cu profiluri de ipsos (fig. 20.11, d);
- rosturi acoperite cu profiluri metalice sau din materiale plastice (fig. 20.11, e);
- rosturi acoperite cu tifon și chit. Soluția se aplică în cazul plăcilor subțiate la margine (fig. 20.11, f).

Capitolul 21

PLACAJE

În loc de a fi finisați prin tencuire sau de a fi executați cu materiale aparente, pereții pot fi acoperiți cu plăci avînd proprietăți corespunzătoare cerințelor de protecție mecanică, de igienă, estetice, de absorbție acustică și izolare termică,

denumite *placaje*. Tehnica îmbrăcării construcțiilor cu placaje, cunoscută încă din antichitate, s-a dezvoltat mult în perioada actuală prin folosirea unui sortiment bogat de materiale. Comparativ cu alte sisteme de finisare, placajele sînt relativ scumpe dar permit realizarea de soluții estetice, calitativ superioare, iar investiția inițială se amortizează în timp datorită costurilor reduse de întreținere și a durabilității mari de exploatare.

Placajele se clasifică în raport cu *poziția în construcție* (exterioare sau interioare), *natura materialului utilizat* (piatră naturală, piatră artificială, lemn, materiale plastice, pislă etc.), *forma, tehnologia de montare* etc. Funcțiunile placajelor depind în mare măsură de poziția în construcție (exterioare sau interioare), astfel că soluțiile constructive se stabilesc pe această bază.

21.1. PLACAJE EXTERIOARE

21.1.1. FUNCȚIUNILE PLACAJELOR EXTERIOARE

Acoperirea fațadelor cu placaje are ca scop obținerea unui aspect estetic deosebit și a unei durabilități foarte mari. În acest fel se evită lucrările periodice de întreținere care sînt necesare în cazul suprafețelor tencuite și zugrăvite. Funcțiunile specifice ale placajelor exterioare sînt:

- de protecție și rezistență la intemperii (vînt, ploaie, grindină, zăpadă, variații de temperatură, decolorare și îmbătrînire datorită radiațiilor solare etc.);

- de asigurare a unui regim de umiditate convenabil al peretelui prin favorizarea evacuării către exterior a apei inițiale de la execuția construcției, a celei din condens temporar și a celei din infiltrații locale;

- de creștere a capacității de izolare termică și a capacității de izolare acustică a peretelui;

- de asigurare a unei fațade estetice și durabile.

Studiul placajelor exterioare comportă:

- cunoașterea condițiilor climatice de solicitare (intensitatea ploii și a vîntului, variațiile de temperatură) și a factorilor chimici agresivi din atmosferă;

- determinarea caracteristicilor fizice ale materialului;

- analiza fenomenelor higrotermice considerînd ansamblul perete-placaj;

- stabilirea soluțiilor constructive și a tehnologiei de execuție.

21.1.2. ACȚIUNEA PLOII ASUPRA FAȚADELOR

Pentru aprecierea efectelor ploii asupra fațadelor trebuie cunoscute cantitățile anuale de precipitații sub formă de ploaie și zăpadă, cantitățile maxime de precipitații pentru perioade scurte (24 ore), direcția și viteza vînturilor precum și valoarea componentei orizontale a precipitațiilor atmosferice în direcția vînturilor dominante. Aceste date variază în raport cu amplasamentul construcției, orientarea fațadei, forma clădirii și alți factori locali (fig. 21.1 și 21.2).

Pentru calculul componentei orizontale S a ploii care atinge fațada sub acțiunea vîntului, în l/m^2 , se recomandă relația:

$$S = N \frac{V_v}{V_r}, \quad (21.1)$$

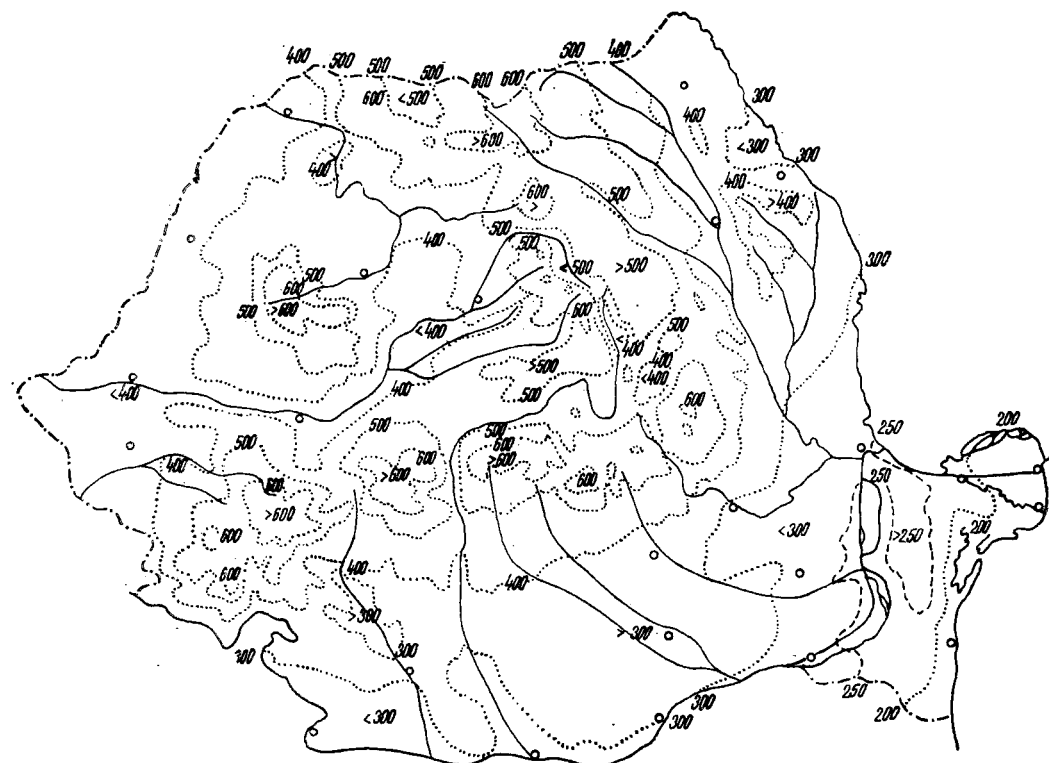


Fig. 21.1. Cantități de apă din precipitații, căzute pe teritoriul țării, în intervalul cald (1.04...30.09), media cantităților pentru perioada 1896...1915 și 1921...1955.

unde: N este cantitatea de precipitații fără considerarea vîntului, în l/m^2 ;

V_r — viteza vîntului, în m/s ;

V_v — viteza de cădere a picăturilor de apă (pentru picături mari, $V_v = 7...10 m/s$).

Cînd $V_r = 0$, $S = 0$; pentru $V_v = V_r$ pe suprafețele orizontale și verticale ajung cantități egale de apă. În figura 21.3 se dau valori privind direcția și viteza vîntului în R.S. România.

Cantitățile de apă calculate în acest fel sînt doar orientative, deoarece nu au la bază cîmpul real de viteze care se formează în jurul clădirii în timpul acțiunii vîntului. Observațiile efectuate în străinătate [59] și de autori arată că apa este proiectată de vînt cu precădere asupra părții superioare a construcțiilor (fig. 21.4. și 21.5), la colțurile fațadelor și pe acoperișurile terasă. Această distribuție este cu atît mai accentuată cu cît frontul de clădire expus la vînt este mai mare. Particularitățile acțiunii ploii asupra fațadelor pot fi înțelese urmărind felul cum se distribuie curenții de aer în jurul clădirii, care antrenează picăturile de apă și le distribuie cu precădere în anumite zone (fig. 21.6 și 21.7).

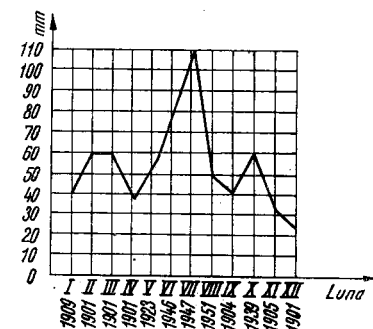


Fig. 21.2. Cantitățile maxime de apă căzute în timp de 24 de ore, în bazinul Prut pentru diversele luni din perioada 1896...1955.

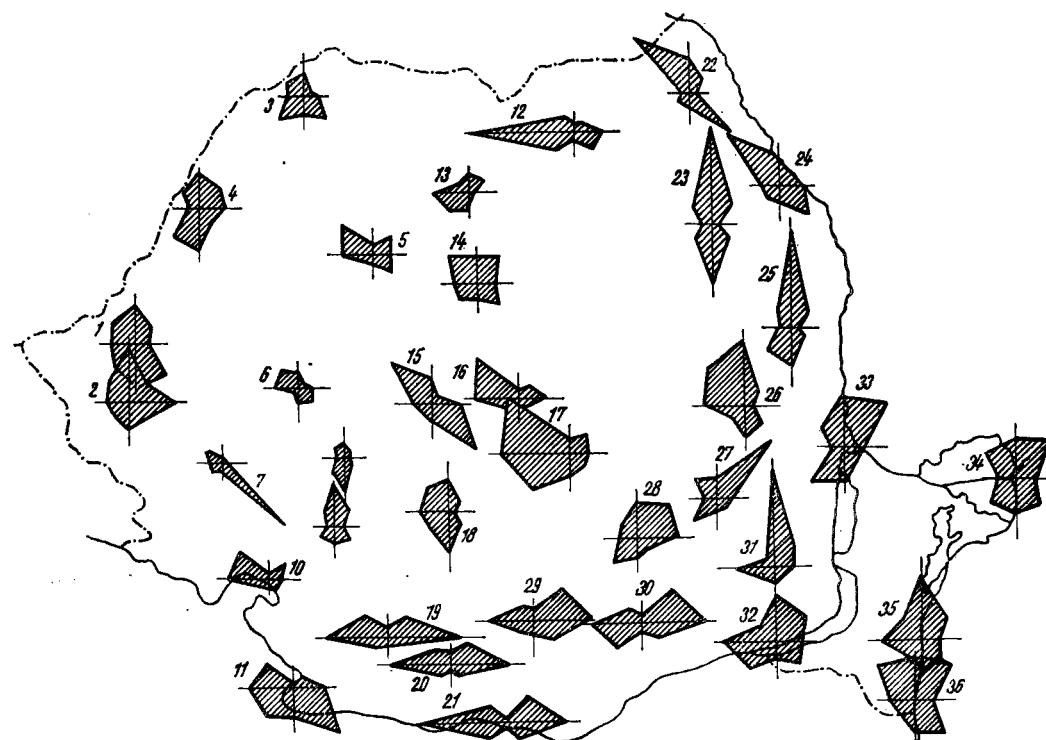


Fig. 21.3. Direcția vinturilor și viteza lor pe teritoriul R. S. România : roza vinturilor (prezentare grafică) și viteze medii anuale :

1 - Arad, $N, v = 4,2 \text{ m/s}$; 2 - Timisoara, $N, v = 3,4 \text{ m/s}$; 3 - Satu-Mare, $NV, v = 3,1 \text{ m/s}$; 4 - Oradea, $S, v = 4 \text{ m/s}$; 5 - Cluj-Napoca, $NV, v = 4,3 \text{ m/s}$; 6 - Deva, $NV, v = 2,8 \text{ m/s}$; 7 - Caransebes, $SE, v = 1,4 \text{ m/s}$; 8 - Petroșeni, $S, v = 7 \text{ m/s}$; 9 - Tg. Jiu, $N, v = 2,7 \text{ m/s}$; 10 - Drobeta-Tr. Severin, $NV, v = 6,5 \text{ m/s}$; 11 - Calafat, $SE, v = 4,0 \text{ m/s}$; 12 - Cimpulung Moldovenesc, $V, v = 4,1 \text{ m/s}$; 13 - Bistrița, $V, v = 1,7 \text{ m/s}$; 14 - Tg. Mures, $NV, v = 3,1 \text{ m/s}$; 15 - Sibiu, $NV, v = 3,1 \text{ m/s}$; 16 - Făgăraș, $NV, v = 3,7 \text{ m/s}$; 17 - Virful Omul, $NV, v = 3,1 \text{ m/s}$; 18 - Rm. Vilcea, $S, v = 2,7 \text{ m/s}$; 19 - Craiova, $E, v = 4,5 \text{ m/s}$; 20 - Caracal, $V, v = 4,9 \text{ m/s}$; 21 - Tr. Măgurele, $V, v = 4,5 \text{ m/s}$; 22 - Botoșani, $NV, v = 3,8 \text{ m/s}$; 23 - Roman, $NV, v = 4,1 \text{ m/s}$; 24 - Iași, $NV, v = 4,2 \text{ m/s}$; 25 - Birlad, $NV, v = 4,1 \text{ m/s}$; 26 - Odobesti, $N, v = 4,0 \text{ m/s}$; 27 - Buzău, $NV, v = 4 \text{ m/s}$; 28 - Ploiești, $NE, v = 2,6 \text{ m/s}$; 29 - Slăvești, $E, v = 3,2 \text{ m/s}$; 30 - București, $NE, v = 4,5 \text{ m/s}$; 31 - Grivița, $N, v = 5,3 \text{ m/s}$; 32 - Călărași, $V, v = 5,5 \text{ m/s}$; 33 - Galați, $NE, v = 5,5 \text{ m/s}$; 34 - Sulina, $N, v = 5,3 \text{ m/s}$; 35 - Constanța, $N, v = 5,3 \text{ m/s}$; 36 - Mangalia, $N, v = 4,6 \text{ m/s}$.

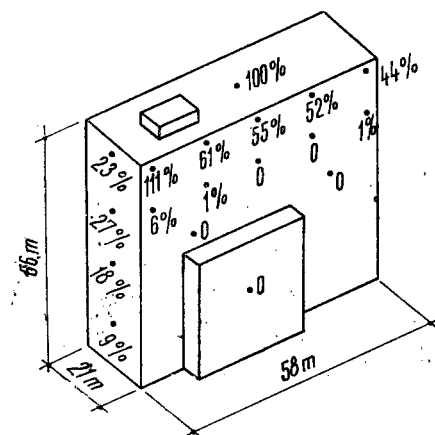


Fig. 21.4. Distribuția ploii pe o clădire izolată (cantități exprimate în procente după măsurători efectuate asupra unei clădiri la viteza vântului de $4 \dots 7 \text{ m/s}$).

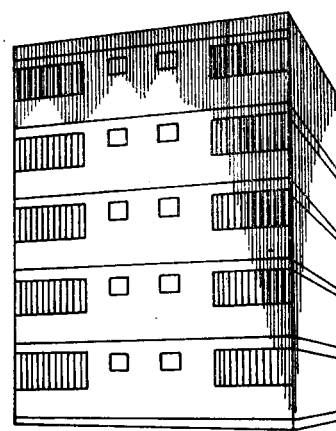


Fig. 21.5. Udarea fațadei unei clădiri, în urma unei ploii cu vânt (observații efectuate la Iași).

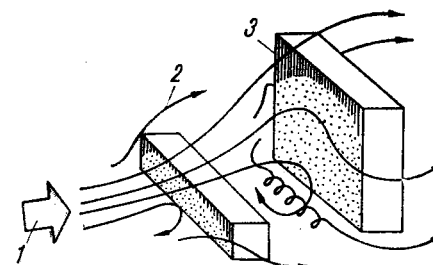


Fig. 21.6. Direcțiile curenților de aer în jurul unei clădiri înalte :

1 - direcția vântului; 2 - direcția curenților de aer; 3 - porțiune din fațadă udată de ploaie.

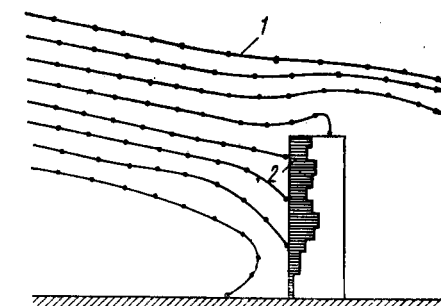


Fig. 21.7. Traiectoriile picăturilor de apă purtate de vânt pentru viteza vântului de 20 m/s și diametrul picăturilor de apă de $1,5 \text{ mm}$:

1 - traiectoria picăturilor de apă; 2 - diagrama cantităților de apă depuse pe fațadă (calculul efectuat pentru o clădire infinit lungă).

21.1.3. COMPORTAREA LA PLOAIE A PEREȚILOR PLACAȚI

În cazul pereților placați, comportarea la ploaie poate fi apreciată prin încercări asupra materialelor, asupra unor panouri sau prin observații pe clădiri deja executate.

Măsurarea sucțiunii apei, adică a capacității de absorbție a materialelor datorită forțelor capilare, se efectuează lăsând să cadă pe suprafața respectivă $0,5 \text{ cm}^3$ apă și măsurând în secunde timpul necesar pentru ca apa să se infiltreze. Se obțin valori eșalonate între 1 și 3 600 secunde, în funcție de materialul încercat. Metoda este utilă pentru a pune în evidență și compara calitatea tratamentelor superficiale.

Măsurarea penetrației apei se efectuează cu ajutorul unui tub cilindric gradat care se umple cu apă până la înălțimea de 12 cm pentru ca în acest fel să se exercite o presiune egală cu cea a vântului pe timp de furtună (fig. 21.8).

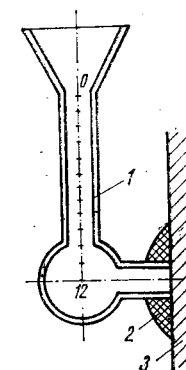


Fig. 21.8. Tub manometric pentru măsurarea penetrației de apă :

1 - tub de sticlă cu secțiunea de 1 cm^2 ; 2 - chit; 3 - fațadă.

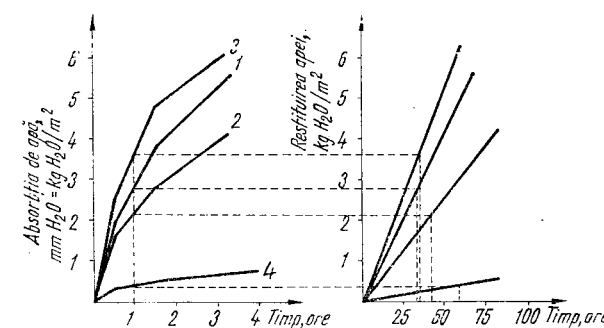


Fig. 21.9. Diagramele de absorbție și restituire a apei pentru diverse finisaje ale fațadelor :

1 - tencuială pleștănată; 2 - tencuială driscuită; 3 - tencuială stropită; 4 - tencuială cu adaos de impermeabilizant.

După 10 minute se citește cantitatea de apă preluată de perete. Măsurătorile se repetă în mai multe puncte, inclusiv la fisuri și rosturi.

Măsurarea timpului de revenire la umiditatea inițială urmărește să pună în evidență nu numai capacitatea de absorbție a apei ci și pe cea de restituire a acesteia către exterior (uscarea prin fațadă). Peretele care revine cel mai repede la umiditatea inițială se consideră cel mai bun din punct de vedere higrotermic. Încercarea se efectuează prin simularea artificială a ploii. În figura 21.9 se prezintă rezultatele unor încercări privind capacitatea de absorbție și de restituire a apei la diverse tipuri de finisaje ale fațadelor.

21.1.4. MIGRAȚIA VAPORILOR DE APĂ PRIN FAȚADELE PLACATE

Din considerentul protecției împotriva infiltrațiilor de apă și pentru estetică, placajele se acoperă cu straturi impermeabile sau se execută în întregime din materiale impermeabile. Din această cauză respirația peretelui către exterior poate fi blocată sau mult redusă și drept consecință crește riscul de condens în timpul iernii și scade posibilitatea de uscare a peretelui spre exterior.

Pentru verificarea la condens a peretelui cu placaj trebuie stabilită permeabilitatea medie a suprafeței (plăci și rosturi). Considerind o fațadă acoperită cu placaj smălțuit ($p\%$, din suprafață) și cu rosturi de mortar ($r\%$) și notind cu K_p și K_r permeabilitățile la vapori (μ/d) respective, permeabilitatea medie la vapori, K_m , a placajului va fi:

$$K_m = \frac{K_p p + K_r r}{100}, \quad (21.2)$$

întrucât la placajele impermeabile $K_p \approx 0$, rezultă:

$$K_m = \frac{r}{100} K_r. \quad (21.3)$$

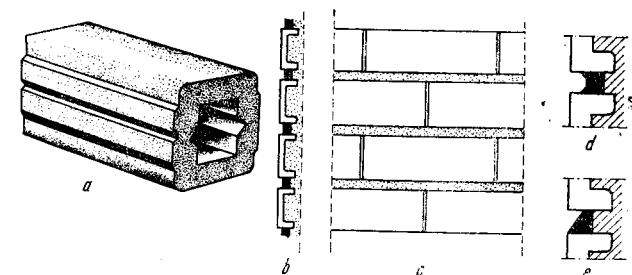
Se pot trage următoarele concluzii:

- permeabilitatea la vapori a fațadelor acoperite cu placaje impermeabile de dimensiuni mici (plăcuțe smălțuite, clinchere) depinde de permeabilitatea K_r a mortarului din rosturi și de procentul r de suprafață ocupată de acesta;
- cînd plăcile sînt mari, influența rosturilor asupra permeabilității medii la vapori este neglijabilă deoarece $r \approx 0$.

În cazul cînd placajul este puțin permeabil la vapori, riscul de condens poate fi atenuat sporind rezistența la permeabilitate la vapori a straturilor de la suprafața interioară a peretelui exterior, de pildă prin dispunerea unei bariere de vapori. Rămîne însă nesoluționată uscarea peretelui spre exterior, pentru eliminarea apei de la realizarea construcției și a eventualelor infiltrații din ploi. Se poate chiar observa că bariera de vapori împiedică uscarea spre interior, deci un perete de acest fel nu se va putea usca și va deveni cu timpul din ce în ce mai umed.

O situație neplăcută apare dacă un îngheț puternic surprinde mortarul din spatele placajului imbibat cu apă; în acest caz plăcile se desprind și cad, procesul accelerîndu-se treptat. La degradarea fațadei mai contribuie și variațiile de temperatură, solicitările exagerate ale structurii suport, rigiditățile inegale ale pereților, aderența redusă între plăci și stratul suport (mai ales la pereții din beton). Chiar dacă aceste cauze nu sînt suficiente pentru a determina desprinderea plăcilor, eforturile pot provoca fisuri prin care pătrunde apa din ploi, ceea ce favorizează distrugerea placajului prin fenomenul de îngheț-dezghet.

Fig. 21.10. Placaj din cărămizi ceramice, speciale, dublu presate: a — cărămidă dublă de placaj; b — secțiune printr-un perete placat; c — vederea unui perete placat; d — rost orizontal intrînd care favorizează reținerea apei; e — rost orizontal care permite scurgerea apei.



În analiza comportării placajelor exterioare este necesar să se țină seama că pătrunderea apei din exterior prin fisuri se face rapid, datorită forțelor capilare care acționează asupra fazei lichide, în timp ce uscarea este un proces de difuzie a vaporilor, mai lent.

21.1.5. PLACAJE CU CĂRĂMIZI SPECIALE FĂRĂ MIEZ

Aceste placaje se aplică frecvent la pereți din zidărie de cărămidă eficientă și la pereți din beton monolit (fig. 21.10).

Infiltrațiile de apă ce pot apare la astfel de paramente sînt favorizate de:

- rosturile verticale care rămîn deschise, fără mortar și nechituite;
- forma nefavorabilă a rosturilor orizontale, necorespunzător finisate, care creează prag de reținere a apei;
- fisurile din masa mortarului de rostuială și de la suprafața de contact cu placajul (fisuri provocate de un dozaj necorespunzător sau de o uscare prea rapidă, dar și de cauzele enumerate anterior ca dilatări diferite ale materialului de bază și placajului etc.);
- imperfecțiunile geometrice ale materialului ceramic de placaj, care contribuie la mărirea infiltrațiilor prin rosturile verticale.

Situația poate fi ameliorată dacă se execută cu atenție rostuiala orizontală și dacă se chituiesc rosturile verticale. Cele mai bune rezultate se pot obține executînd rostuieli din mortar hidrofob cu adaos de săpun metalic și dispersie de rășini sintetice acrilice [48].

Se recomandă, ca la clădirile înalte, suprafețele acoperite cu astfel de placaje să nu fie orientate în direcția vînturilor dominante.

21.1.6. PLACAJE CU CĂRĂMIZI SPECIALE PLINE

Pentru a îmbunătăți comportarea pereților exteriori, sub aspectul rezistenței la infiltrații și la îngheț, se recurge uneori la executarea paramentului vizibil din cărămidă specială clincherizată care nu poate absorbi apa și nu este permeabilă la vapori de apă; restul grosimii pereților se execută cu cărămidă obișnuită (fig. 21.11).

Dacă rosturile sînt cît de puțin permeabile la apă și au un volum mic, umiditatea critică a mortarului este repede atinsă; nefiind reținută de către cără-

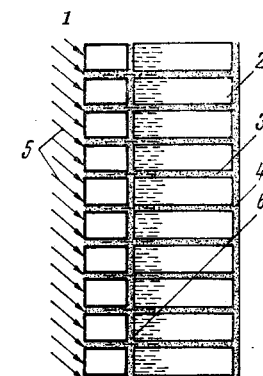


Fig. 21.11. Perete placat cu cărămizi clincherizate:

1 — cărămidă impermeabilă; 2 — cărămidă poroasă; 3 — mortar în rosturi; 4 — tencuială; 5 — plăci de ploale; 6 — porțiune pe care se poate produce condens.

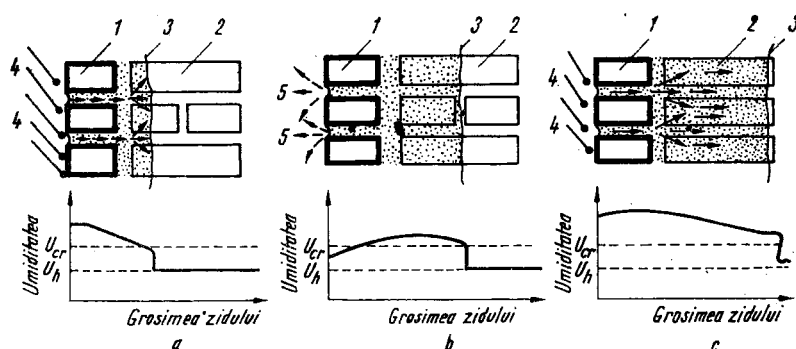


Fig. 21.12. Perete acoperit cu placaj impermeabil, mecanismul infiltrării apei prin rosturile permeabile care conduce la o umezire progresivă:

a - distribuția umidității în timpul ploii; b - distribuția umidității după ploie; c - distribuția umidității la o nouă ploie; U_h - umiditatea de echilibru higroscopică; U_{cr} - umiditatea critică; 1 - cărămidă impermeabilă; 2 - cărămidă poroasă; 3 - limita zonei umezită puternic; 4 - picături de ploie; 5 - evaporare în atmosferă.

mizile clincherizate, care nu o pot absorbi, apa din ploi se îndreaptă capilar spre partea interioară a peretelui unde ajunge repede, circulând prin rosturi ca prin niște canale. După fiecare ploie, umiditatea crește progresiv deoarece uscarea nu este posibilă decât spre fața interioară, prin cărămizile obișnuite și rosturi și numai foarte puțin înapoi spre exterior, prin rosturi (fig. 21.12). Infiltrația de apă va fi cu atât mai importantă cu cât rosturile vor fi mai capabile de a absorbi apa prin sucțiune capilară și cu cât vor prezenta mai multe defecțiuni: fisuri, desprinderi, găuri etc. La fenomenele descrise se adaugă și o tendință accentuată de condens în masa peretelui, în zona de contact dintre cele două feluri de cărămidă, căci acest tip de perete încalcă principiul după care permeabilitatea la vapori trebuie să crească de la interior spre exterior. O situație analogă se prezintă și la pereții de cărămidă sau beton acoperiți spre exterior cu alte tipuri de placaje impermeabile la vapori de apă.

Astfel de pereți nu se comportă satisfăcător decât cu condiția de a avea o grosime mare și de a fi executați la încăperi cu umiditate mică (școli, birouri).

La aceste tipuri de placaje rosturile se pot executa:

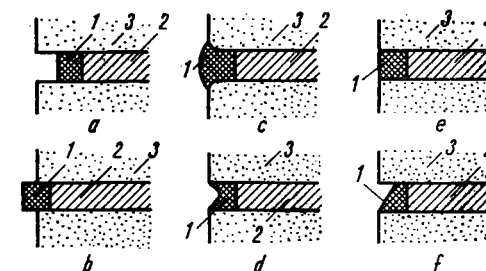
— cu mortare impermeabile, etanșe, care opresc infiltrațiile de apă urmărindu-se realizarea unui perete perfect impermeabil pentru apa din ploi, atât la rosturi cât și în cîmp. Apariția unor fisuri în mortarul din rosturi poate anula măsurile de etanșare favorizînd condensul, în timp ce uscarea nu se poate efectua decât spre interior. Placaje cu mortar impermeabil în rosturi se folosesc la clădiri monumentale, cu pereți foarte groși și în încăperi mari, bine încălzite și ventilate;

— cu mortare hidrofobe poroase, obținute prin adaos de săpunuri metalice și rășini acrilice care deși împiedică infiltrațiile din ploi, asigură totuși o capacitate suficientă de respirație spre exterior prin rosturi, permițînd eliminarea apei din condens. Dispunerea unei bariere de vapori pe fața interioară a peretelui îmbunătățește sensibil comportarea higrotermică a ansamblului perete-placaj.

Spre a corespunde cerințelor de protecție la ploie, forma rosturilor nu trebuie să conducă la colectarea apelor, deci picăturile să nu staționeze pe pragul creat de rost. Urmărind figura 21.13 se observă că rosturile retrase (fig. 21.13, a) sau ieșite (fig. 21.13, b) rețin apa și deci nu pot fi recomandate; cele mai

Fig. 21.13. Rosturi la placaje:

a - rost retras; b - rost ieșit din planul peretelui; c, d - rosturi cu racordări prelungite; e - rost umplut pînă la fața peretelui; f - rost cu pantă de scurgere a apei; 1 - rostulială; 2 - rost umplut cu mortar; 3 - placaj.



bune forme de rosturi sînt cele lise (fig. 21.13, e) și cele cu pantă (fig. 21.13, f). Picăturile de apă alunecă spre placaj și acolo se infiltrează mai greu, sfîrșind prin a se evapora. Rostuieli cu racorduri prelungite (fig. 21.13, c, d) nu sînt recomandabile deoarece mortarul în straturi subțiri se usucă prematur și fisurează înainte de a se putea întări. Grosimea rosturilor trebuie să fie mai mare de 1 cm pentru a nu împiedica variațiile dimensionale ale blocurilor și pentru ca rostul să se poată adapta acestora fără a fisura. Grosimea minimă a rosturilor se stabilește și în funcție de mărimea plăcilor; rosturile prea subțiri, mai ales cele verticale, nu pot fi umplute cu mortar, chiar dacă blocurile au fețe regulate. Apa găsește atunci spații libere prin care poate pătrunde mai ușor, împinsă de vînt.

Cauza cea mai frecventă de pătrundere a apei în rosturile placajului o constituie fisurarea mortarelor și desprinderea lor de plăci. Mortarele prea bogate în ciment măresc tendința de contracție și deci riscul de fisurare, iar cele cu prea puțin ciment nu rezistă la îngheț și la solicitări mecanice. Din această cauză, soluția optimă este utilizarea unor mortare obișnuite: în rosturi se recomandă mortar mixt cu 150 ... 175 kg var și 200 ... 250 kg ciment Portland la m^3 de nisip, iar pentru rostuieli, mortar de ciment cu dozaj 500 kg ciment la m^3 de nisip fin cernut. Cantitatea de apă trebuie să fie cît mai mică pentru a nu accentua tendința de contracție a mortarului, dar totuși suficientă pentru aplicarea lui.

În același timp este necesar ca întărirea mortarului să se desfășoare numai în regim umed. Absorbția apei din mortar de către zidărie (cu atât mai accentuată cu cît zidăria este mai poroasă) sau uscarea prematură a mortarului de către soare, vînt sau aer uscat determină arderea mortarului care devine sfărîmicios, plin de fisuri și se desprinde de placaj. De aceea materialul pentru placare trebuie stropit abundant la punerea în operă și înainte de rostuire. La nevoie, fațada se protejează de soare și vînt, eventual se stropește periodic pînă la terminarea întăririi mortarului. Rezultate negative se obțin însă și atunci cînd mortarul din rosturi vine în contact cu plăci îmbibate excesiv cu apă deoarece pelicula superficială împiedică contactul și aderența mortarului cu plăcile de placaj.

21.1.7. PLACAJE CU PLĂCUȚE CERAMICE SMĂLȚUITE CESAROM ȘI CU PLĂCUȚE DIN STICLĂ

Aceste tipuri de placaje permit realizarea unor fațade viu colorate, deosebit de estetice. Plăcuțele au forme variate (fig. 21.14), plane sau reliefate,

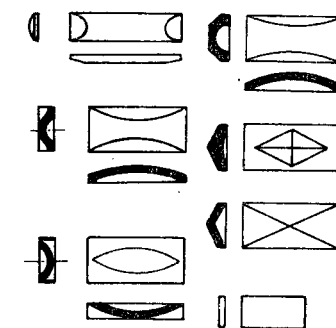


Fig. 21.14. Plăci ceramice CESAROM.

pătrate, dreptunghiulare sau hexagonale. Plăcuțele de format mic se livrează sub formă de panouri, lipite cu fața glazurată pe panouri de hîrtie cu dimensiunile $35 \times 35 \times 2$ cm.

Fixarea plăcilor se face cu mortar bucată cu bucată la plăcile mari iar în cazul plăcilor mici prin lipirea unor panouri cu hîrtia spre exterior; ulterior hîrtia se desprinde prin umezire. Înainte de fixare, atît zidăria cît și plăcuțele se umezesc. Rosturile se execută cu mortar de ciment alb sau colorat cu adaos de aracet.

În ceea ce privește comportarea acestor placaje la acțiuni climatice și condens, sînt valabile observațiile de la punctul 21.1.6 cu mențiunea că suprafața de rosturi este relativ mare, ceea ce permite o anumită respirație a peretelui spre exterior.

21.1.8. PLACAJE DE PIATRĂ NATURALĂ

Acestea sînt lucrări costisitoare și din această cauză utilizarea lor se limitează la clădirile cu caracter monumental iar execuția se încredințează unor întreprinderi specializate. Se poate folosi orice piatră care rezistă la acțiunile climatice și a cărei prelucrare este posibilă, dar mai ales se utilizează marmură de Alun, Rușchița, Căprioara, Gura Văii, Moneasa, plăci din piatră de Banpotoc sau travertin de Borsec și Cărpiniș, în grosime de pînă la 5 cm. Plăcile se fixează cu crampoane de oțel și mortar de ciment M 100 iar rosturile se umplu cu mortar de ciment alb amestecat cu praf de marmură (fig. 21.15).

La proiectarea placajelor de piatră se au în vedere următoarele aspecte:

- greutatea mare a placajului necesită reazeme de susținere la fiecare nivel, în dreptul planșeelor;
- placajele se execută după ce s-au consumat tasările inițiale ale construcției, deoarece rigiditățile placajelor din piatră naturală și a structurii de rezistență sînt diferite.

21.1.9. PLACAJE DIN PLĂCI MOZAIcate

Acestea reprezintă o soluție de înlocuire a pietrei naturale cu plăci prefabricate din beton armat mozaicate și se utilizează mai ales la socluri. Placajul poate servi și drept cofraj pierdut (fig. 21.16).

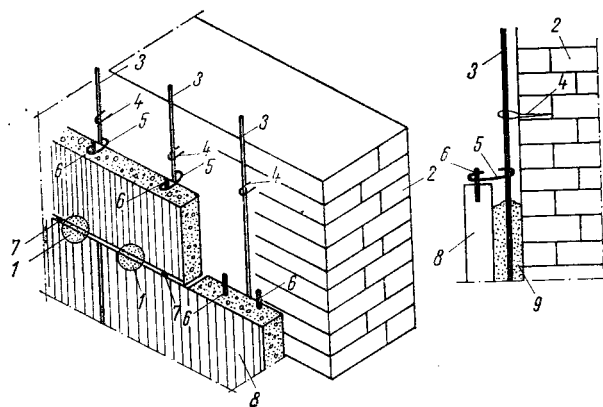


Fig. 21.15. Placaj de piatră naturală:
1 — fixare provizorie cu ipsos; 2 — zidărie executată în prealabil; 3 — bare verticale din oțel-beton; 4 — mustăți de ancorare; 5 — cîrlige de prindere; 6 — dornuri de oțel; 7 — pene provizorii de lemn; 8 — plăci din piatră naturală; 9 — mortar pentru fixare definitivă.

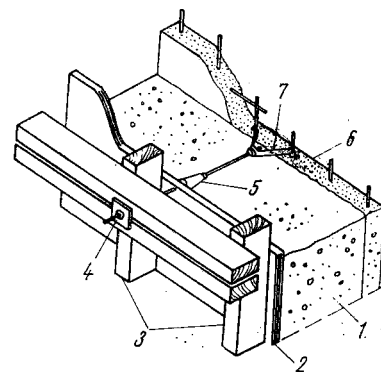


Fig. 21.16. Placaj mozaicat, utilizat drept cofraj pierdut:

1 — beton turnat monolit; 2 — cofraj din placaj sau piatră; 3 — chingi; 4 — plăcuță de repartitie; 5 — tirant cu nucă conică; 6 — dală mozaică prefabricată, prevăzută cu mustăți; 7 — ancoraj

21.1.10. PARAMENTE CU STRAT DE AER VENTILAT

Pereții cu strat de aer ventilat reprezintă soluții moderne, aplicate pe scară largă în S.U.A. și în țările din Europa, pentru avantajele pe care le oferă din punctul de vedere al comportării higrotermice în condiții de vară și de iarnă. Funcționarea acestor pereți poate fi înțeleasă avînd în vedere principiile enunțate anterior privind comportarea diferitelor paramente la acțiunea ploii și luînd în considerație efectul stratului de aer ventilat (fig. 21.17). Circulația aerului se realizează datorită unui efect similar cu acela de coș, sub influența diferențelor de temperatură, atît iarna cît și vara, efectul vîntului fiind mic. Se obține astfel:

- drenarea activă a vaporilor de apă și deci uscarea continuă a peretelui;
- împiedicarea pătrunderii ploii în partea interioară a peretelui;
- un efect favorabil de răcire în timpul verii.

Din punct de vedere constructiv, stratul de aer trebuie amplasat cît mai aproape de fața exterioară a peretelui care este doar un ecran (foaie de tablă sau azbociment, zidărie subțire, panou prefabricat etc.) de protecție la intemperii. În figura 21.18 sînt prezentate exemple de realizare a pereților din zidărie sau

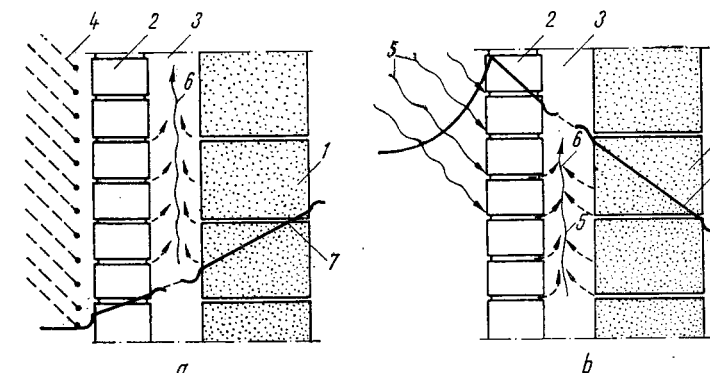


Fig. 21.17. Pereți placați, realizați cu strat de aer ventilat:

a — diagrama temperaturilor în condiții de iarnă; b — diagrama temperaturilor în condiții de vară sub efectul însoririi; 1 — perete de rezistență; 2 — placaj; 3 — strat de aer ventilat; 4 — picături de ploale; 5 — raze solare; 6 — curent de aer; 7 — diagrama de temperaturi.

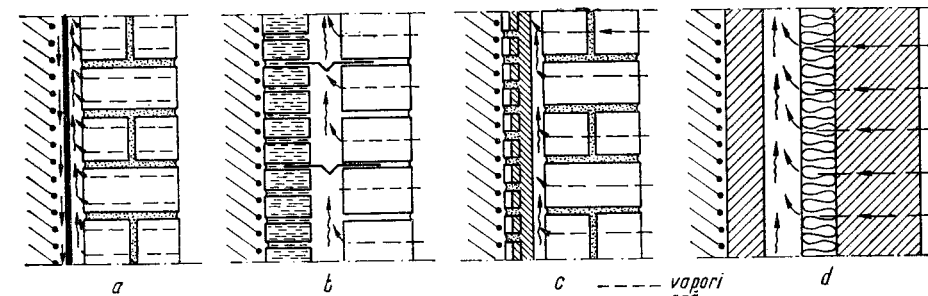


Fig. 21.18. Pereți cu strat de aer ventilat:

a — perete cu strat de protecție din tablă sau azbociment; b — perete cu strat de protecție din zidărie de cărămidă aparentă; c — perete cu strat de protecție din plăci de beton armat îmbrăcat cu materiale ceramice, impermeabile; d — perete cu strat de protecție din beton aparent.

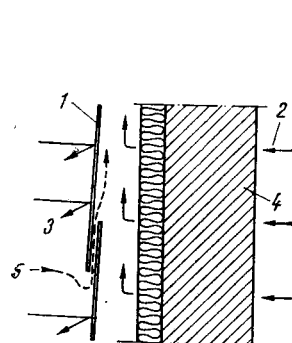


Fig. 21.19. Perete ventilat, protejat cu plăci de azbociment:

1 - azbociment fixat pe rigle;
2 - flux de căldură și vaporii de apă;
3 - radiație solară; 4 - perete de beton cu izolație termică; 5 - circulația aerului.

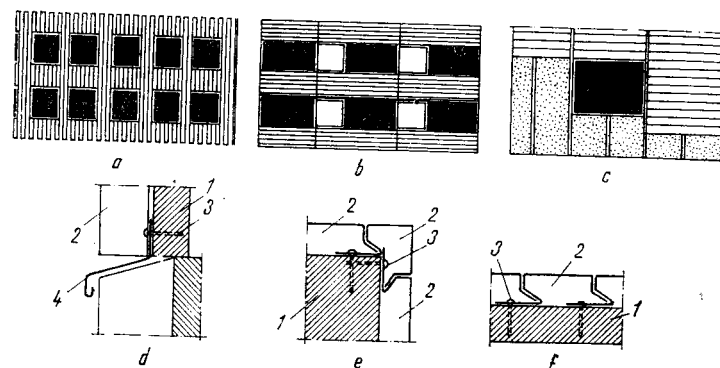


Fig. 21.20. Fațade acoperite cu placaj din table profilate de aluminiu fixate pe șipci:

a; b - vederi de ansamblu; c - vedere în timpul execuției; d; e; f - detalii de principiu pentru parapet, colt și zonă curentă; 1 - perete de rezistență; 2 - profil din tablă de aluminiu; 3 - șurub de fixare; 4 - solbanc din tablă.

beton cu strat de aer ventilat. Buna funcționare a acestor structuri poate fi asigurată numai cu respectarea unor reguli de alcătuire constructivă specifice, care au fost verificate practic în diverse țări, unde s-a acumulat o experiență suficientă.

Variante ale acestor tipuri de protecții exterioare, care pot fi considerate placaje, sînt posibile din azbociment (fig. 21.19) sau din tablă inoxidabilă (fig. 21.20). Astfel de placaje prezintă un interes deosebit deoarece sînt ușoare, estetice, se montează uscat și au consum redus de manoperă.

21.2. PLACAJE INTERIOARE

Suprafața interioară a pereților poate fi acoperită total sau parțial cu placaje în scop decorativ, pentru satisfacerea unor cerințe de igienă (suprafețe netede care să poată fi spălate), pentru protecția împotriva apei (în încăperi umede) sau a unor agenți chimici agresivi (acizi, baze), în vederea îmbunătățirii calităților acustice ale unor încăperi (tratamente fonoabsorbante) etc. Soluțiile adoptate diferă în raport cu funcțiunile preconizate și cu materialele folosite.

21.2.1. PLACAJE CU FUNCȚIUNI DECORATIVE, IGIENICE ȘI DE PROTECȚIE ÎMPOTRIVA APEI

21.2.1.1. Placaje de faianță. Se folosesc frecvent în spitale, băi, spălătorii, grupuri sanitare, pentru a împiedica pătrunderea apei în pereți și pentru a permite o întreținere ușoară prin spălare. Plăcile cu modele colorate asigură și un finisaj decorativ.

Plăcile de faianță se dispun pe un suport rigid (zidărie, beton) și se fixează cu mortar de ciment M 100, cu adaos de var pastă. În prealabil, plăcile se mențin 24 ore în apă iar suportul se umezește, asigurându-se în acest fel condiții

favorabile de întărire a mortarului. Dozaje prea mari de ciment, grosimi exagerate de mortar și condiții nefavorabile de întărire, care provoacă contracții mari sau premature, pot determina desprinderea placajului de faianță.

În mod obișnuit, placajele de faianță se execută pe o înălțime de 1,50 m de la pardoseală; la partea superioară se folosesc plăci cu marginea rotunjită iar la bază placajul se începe de deasupra unor plinte mozaicate sau realizate din marmură. În plan vertical, faianța iese cu 0,5...1,0 cm în afara tencuielii pe care o continuă.

Sistemul de montare poate fi cu rosturi *fug* *pe fug* sau *alternante* (fig. 21.21). Rosturile se chituiesc cu mortar de ciment alb, fără nisip, eventual cu adaos de coloranți.

Placajele de faianță permit scurgerea apei pe suprafața peretelui dar nu constituie echivalentul unei izolații hidrofuge sau al unei bariere de vaporii de apă deoarece apa se poate infiltra prin rosturi.

21.2.1.2. Placaje din înlocuitori de faianță. Faianța poate fi înlocuită cu plăci de sticlă denumite *opaxit*, avînd mărimea 20 × 20 cm sau mai mari și 7...8 mm grosime, colorate, opace, cu marginile șlefuite, spatele striat și fața netedă, lucioasă. Plăcile de opaxit se fixează pe un strat de mortar de ciment M 100. Pentru plăci mari (peste 60 cm latura) se recurge la prindere cu șuruburi mascate, ca și pentru oglinzile din băi. Pereții interiori mai pot fi îmbrăcați cu gresie ceramică rezistentă la acizi, cu plăcuțe decorative tip CESAROM sau cu materiale plastice; mai puțin utilizată este îmbrăcarea pereților cu lambriuri de lemn în scop decorativ și de protecție împotriva uzurii prin frecare deoarece aceste tipuri de placări sînt scumpe.

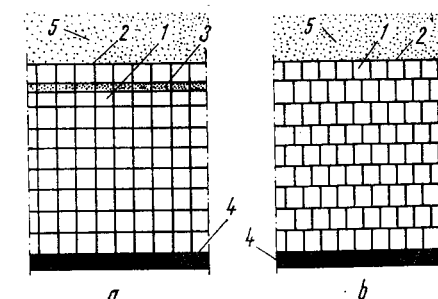


Fig. 21.21. Placaje de faianță:

a - fug pe fug; b - cu rosturi alternante; 1 - plăcuțe de faianță; 2 - margine rotunjită; 3 - briu decorativ; 4 - plintă mozaicată; 5 - tencuială.

21.2.2. TRATAMENTE FONOABSORBANTE

21.2.2.1. Funcțiuni, randament, tipuri. Tratamentele fonoabsorbante pot fi considerate tot ca placaje, deoarece se aplică pe suprafața interioară a pereților urmărind:

- reducerea nivelului de zgomot cauzat de o sursă amplasată chiar în interiorul încăperii respective (birouri mari, ateliere, săli de compresoare, țesătorii etc.);
- diminuarea unor fenomene de reflexie nedorite care dăunează calității auditivei;

- atenuarea zgomotelor cauzate de public (șoapte, foșnet, tușit).

O parte din energia acustică ce ajunge la suprafața unui element de construcție este absorbită transformându-se în energie calorică prin frecări, iar restul este reflectat sau transmis mai departe:

$$E_{\text{absorbit}} = E - (E_{\text{reflectat}} + E_{\text{transmis}}). \quad (21.4)$$

Pentru un observator care se află în camera de emisie, energia reflectată rămîne în încăpere, iar restul este absorbit. Din punctul său de vedere, o fereastră

deschisă reprezintă suprafața cu capacitatea maximă de absorbție acustică (coeficientul mediu de absorbție sonoră $\alpha = 1$) deoarece aceasta nu restituie nimic din energia acustică prin reflexie. Materialele de construcție și placajele fonoabsorbante au capacități diferite de absorbție a energiei acustice. Valorile coeficientului α variază și în raport cu frecvența sunetului incident, astfel: suprafețele poroase absorb, în special, sunetele ascuțite iar frecvențele joase sunt absorbite de straturile groase de pislă, de placajele din lemn și de geamurile din sticlă. Pentru stabilirea capacității de absorbție acustică se fac măsurători privind durata de reverberație în încăperi special construite.

Reducerea nivelului de zgomot prin tratamente acustice absorbante aplicate pe suprafața interioară a pereților și tavanelor este limitată deoarece zgomotul pe care îl produce o sursă așezată într-o încăpere nu poate fi coborât sub nivelul aceluia pe care aceeași sursă l-ar produce în aer liber, unde reflexiile lipsesc cu totul. Determinările arată că această diferență nu poate depăși în nici un caz 10...15 dB (fig. 21.22).

În mod orientativ se dă relația:

$$\delta = 10 \log \frac{A_2}{A_1}, \quad (21.5)$$

în care: δ este atenuarea zgomotului dintr-o încăpere, prin absorbție acustică, ca urmare a creșterii suprafeței de absorbție de la A_1 la A_2 , în dB;
 A — suprafața de absorbție acustică sau capacitatea de absorbție acustică, calculată cu relația: $A = S_1 \alpha_1 + S_2 \alpha_2 + \dots + A' + A'' + \dots$;
 $S_1 \dots S_n$ — suprafețele elementelor de construcție și îmbrăcăminților, în m^2 ;
 $A', A'' \dots$ — capacitatea de absorbție a persoanelor și obiectelor, aflate în încăpere, în m^2 .

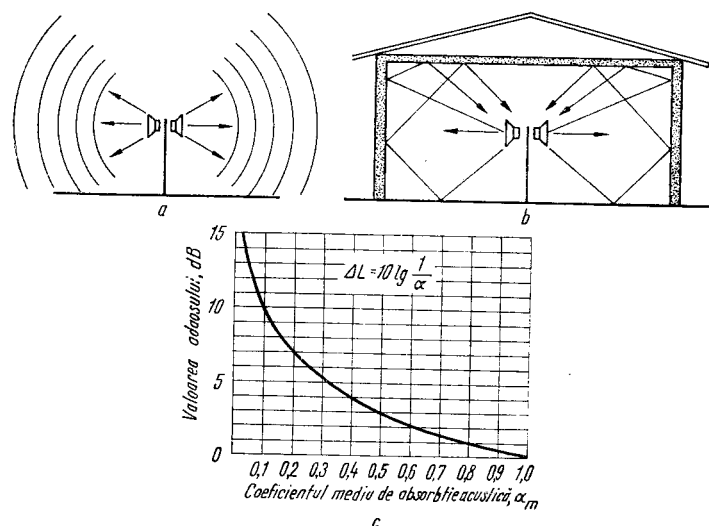


Fig. 21.22. Diferența de nivel de intensitate acustică cauzată de reflexie, în cazul a două surse identice:

a — zgomot în aer liber (fără reflexii); b — zgomot în spațiu închis; c — creșterea nivelului de zgomot, în interiorul unei încăperi, la diferite valori ale coeficientului mediu de absorbție acustică α_m , în comparație cu nivelul zgomotului produs de aceeași sursă în exteriorul clădirii (în spațiu liber fără reflexii $\alpha_m = 1$).

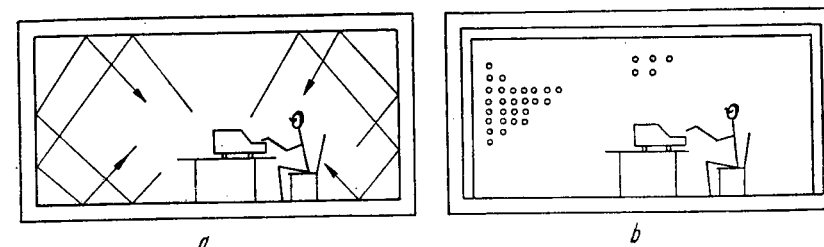


Fig. 21.23. Reducerea nivelului mediu de zgomot prin aplicarea tratamentelor fonoabsorbante la pereți și tavane:

a — cameră neizolată fonic; b — cameră izolată fonic.

Dublarea capacității de absorbție acustică a unei încăperi conduce la o reducere a nivelului de zgomot cu circa 3 dB. La o încăpere cu pereți din beton, care sunt foarte reflectanți ($\alpha = 0,02 \dots 0,03$) aplicarea unor tratamente de bună calitate conduce la o reducere a nivelului de intensitate acustică cu cel mult 10 dB. Mărirea suplimentară a capacității de absorbție acustică nu mai are influență apreciabilă. În practică, folosind tratamente obișnuite, acest efect este de numai 7...8 dB (fig. 21.23).

Trebuie observat că în încăperile foarte mari, aplicarea tratamentelor fonoabsorbante influențează substanțial nivelul de zgomot abia în punctele situate la distanță mare față de sursă, unde reflexiile sunt preponderente. În apropiere de sursă, efectul tratamentului se face simțit numai dacă aceasta este lângă perețele sau tavanul tratat fonic.

Există o gamă bogată de materiale care se pot folosi la placaje pentru a mări suprafața de absorbție acustică a unei încăperi. În raport cu mecanismul prin care se realizează transformarea energiei acustice în căldură, se pot distinge trei tipuri de bază: absorbanți poroși, rezonatori și membrane oscilante.

21.2.2.2. Placaje cu absorbanți poroși. Absorbanții poroși distrug energia acustică transformând-o în căldură prin frecarea cauzată de viscozitatea aerului care oscilează în porii materialelor. De aceea, este convenabil ca porii să formeze o rețea de goluri care comunică între ele. Proprietățile de absorbție depind de: grosimea și forma plăcii, distanța față de perete, frecvența sunetului și evident, de suprafața, rigiditatea structurii interioare și porozitatea materialului fonoizolant utilizat. Materialele utilizate ca absorbanți poroși sunt: produsele din vată minerală (saltele, fișii, plăci plane pline sau perforate), plută expandată, granule de azbest, stabilit, PFL poros, îmbrăcămînți de catifea, pluș și pînză de sac etc.; majoritatea dintre aceste materiale se folosesc sub formă de placaje.

De obicei, materialele poroase absorb mai puțin sunetele din domeniul frecvențelor joase decât pe cele de frecvențe înalte. În figura 21.24 se dau curbele de absorbție acustică a pisei, în funcție de grosimea stratului și de frecvența sunetului, din care se observă că proprietățile de absorbție acustică diferă mult în raport cu grosimea la frecvențele joase, în timp ce sunetele de frecvențe

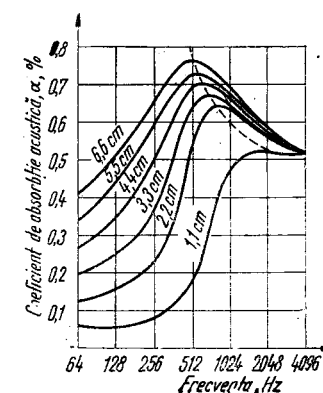


Fig. 21.24. Diagrama de variație a coeficientului de absorbție acustică α , în funcție de frecvența sunetului pentru diverse grosimi ale stratului de pislă aplicat ca tratament fonoabsorbant la pereți.

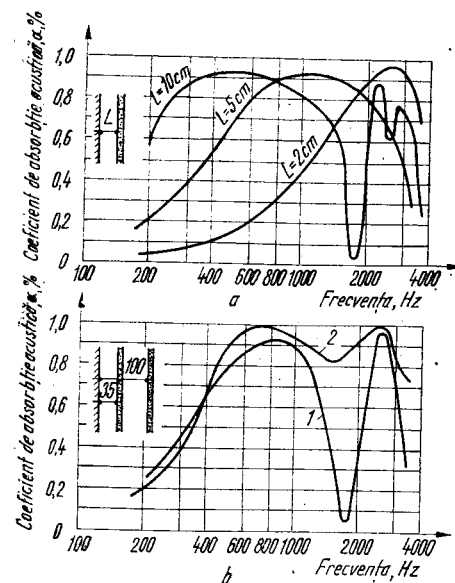
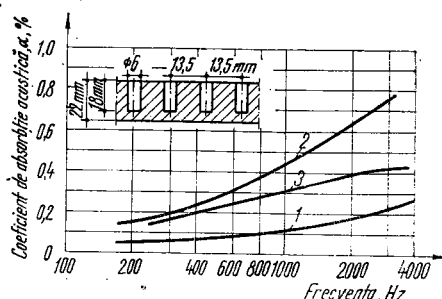


Fig. 21.25. Diagrama de variație a coeficientului α , în funcție de frecvența sunetului:

a — pentru ecrane de absorbție din țesătură de bumbac groasă, așezată la diferite distanțe față de perete; b — pentru ecrane de absorbție din flanelă întinsă la distanța de 10 cm față de perete; 1 — un strat de flanelă; 2 — două straturi de flanelă, primul la 10 cm față de perete și al doilea la 3,5 cm, față de primul.

Fig. 21.26. Diagrama de variație a coeficientului de absorbție acustică, α , în funcție de frecvența sunetului, pentru plăci poroase:

1 — cu suprafață plană; 2 — cu adâncituri; 3 — cu adâncituri și hirtie lipită pe suprafață.



înalte sînt absorbite de stratul superficial al materialului și de aceea mărirea grosimii materialului are o importanță minoră. Concluzia care se desprinde este că pentru frecvențe înalte se pot utiliza tratamente cu straturi subțiri iar pentru cele mijlocii și joase sînt necesare straturi groase. Cercetările efectuate asupra materialelor poroase au scos în evidență faptul că la fiecare frecvență există o grosime de material peste care îngroșarea nu mai este rațională, grosime limitată care scade cînd frecvența sunetului crește.

Se constată experimental că valoarea coeficientului de absorbție acustică crește dacă materialul se așază la distanță față de perete (fig. 21.25). Aceasta se explică prin faptul că viteza de oscilație a particulelor de aer în porii materialului, în apropierea peretelui de reflexie este mică, iar pe peretele însuși, în nodul unde staționare viteza este nulă. Studiile efectuate arată că valorile maxime ale coeficientului de absorbție acustică se obțin atunci cînd distanța între perete și material este ceva mai mică decît un sfert din lungimea de undă a sunetului. Deoarece caracteristica de absorbție optimă trebuie să cuprindă un domeniu larg de frecvențe, cu valori pe cît posibil apropiate, pentru a obține și absorbția la sunetele înalte, se pot folosi două straturi de material fonoabsorbant dispuse în paralel.

Prelucrarea suplimentară a materialului prin găurire, formare de adîncituri, rugozități etc. duce la creșterea capacității de absorbție deoarece favorizează pătrunderea undelor acustice în material, mărește suprafața de absorbție și realizează forme estetice deosebite (fig. 21.26). Acoperirea plăcilor cu un strat de hirtie are drept consecință reducerea absorbției în domeniul frecvențelor înalte, lăsînd însă nealterată capacitatea lor de absorbție pentru undele cu frecvențe coborîte (lungimi mari de undă).

În figurile 21.27 și 21.28 se prezintă exemple de utilizare a unor placaje cu materiale poroase pentru absorbția acustică în încăperi.

21.2.2.3. Absorbânți cu găuri (rezonatori). Aceste sisteme absorbante pot fi comparate cu o mulțime de butelii avînd gîtul cu secțiune circulară sau ovalizată

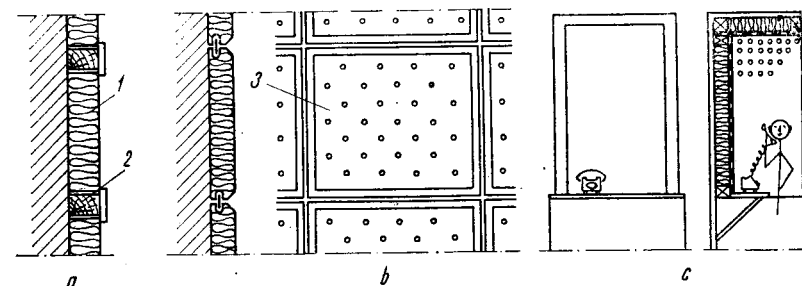


Fig. 21.27. Tratamente la pereți cu plăci absorbante din pîslă minerală:

a — schemă constructivă pentru plăci montate între șipci; b — schemă constructivă pentru plăci perforate, acoperite cu strat de vopsea, montate fără șipci; c — utilizarea plăcilor fonoabsorbante la cabine telefonice; 1 — plăci fonoabsorbante pline; 2 — șipci; 3 — plăci fonoabsorbante poroase.

desfundat sau plin cu material poros. Fiecare cavitate, cu orificiul sau canalul aflat în legătură cu aerul din încăpere, este un rezonator. Dacă dimensiunile rezonatorului sînt mici în comparație cu lungimea unei acustice, atunci sub acțiunea sunetului incident coloana de aer din canalul sau gîtul rezonatorului, ca și un piston, execută o mișcare de oscilație alternativă și datorită inerției, joacă rolul de masă a sistemului oscilant. Cantitatea de aer a rezonatorului

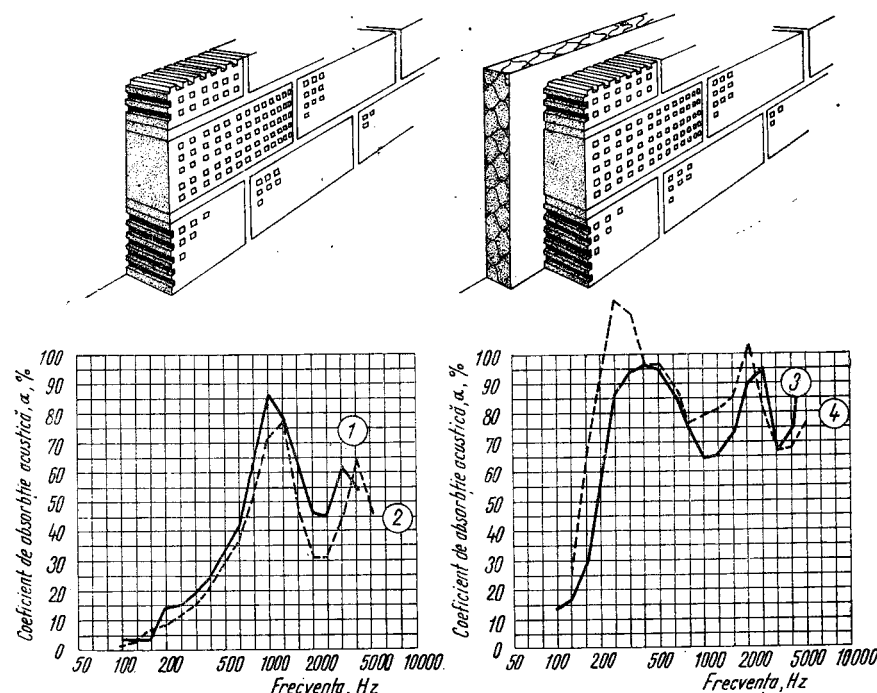


Fig. 21.28. Valori ale coeficienților de absorbție acustică determinați în laborator, în funcție de frecvența sunetului, pentru tratamente fonoabsorbante realizate cu zidărie de cărămidă eficientă dispusă pe muchie:

1 — pentru zidărie de cărămidă cu 78 găuri, pusă în contact cu perețele de rezistență; 2 — pentru zidărie de cărămidă cu 57 găuri, executată în contact cu perețele de rezistență; 3 — pentru zidărie de cărămidă avînd 78 găuri, dispusă pe pîslă rigidă în grosime de 4 cm; 4 — pentru zidărie de cărămidă cu 57 găuri, dispusă pe pîslă rigidă avînd grosimea de 5 cm.

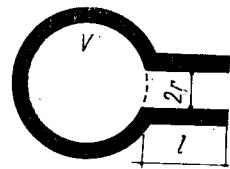
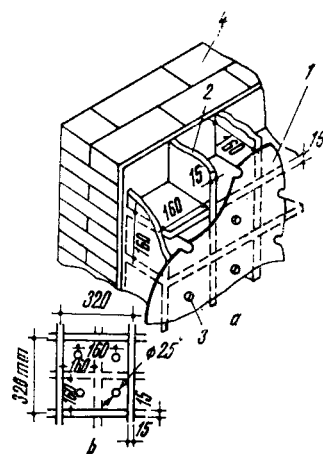


Fig. 21.29. Rezonator de tip Helmholtz:

V — volumul cavității rezonatorului; r — raza secțiunii gîtului; l — lungimea gîtului.

Fig. 21.30. Absorbant acustic rezonator cu bandă îngustă de frecvențe tip ZP-1:

a — vedere generală; b — detaliu cu indicarea găurilor; 1 — foaie de acoperire din placaj de lemn; 2 — compartimentare cu scinduri; 3 — orificii acoperite cu pinză; 4 — perete.



(corpul sticlei) joacă rol de mediu elastic al sistemului. Frecvența oscilațiilor proprii ale acestui rezonator poate fi stabilită cu relația:

$$f_0 = \frac{c}{2\pi} \sqrt{\frac{\pi r^2}{V(l + 0,5\pi r)}}, \quad (21.6)$$

unde: c este viteza sunetului, în m/s;

V — volumul cavității rezonatorului, în m^3 ;

$2r$ — diametrul secțiunii gîtului, în m;

l — lungimea gîtului (canalului), în m;

πr^2 — secțiunea gîtului, în m^2 .

Un astfel de rezonator de tip Helmholtz este prezentat schematic în figura 21.29. Cînd frecvența unei acustice coincide cu frecvența proprie a rezonatorului, în acesta apar oscilații forțate puternice. În acest caz, viteza particulelor de aer din tubul rezonatorului depășește de sute de ori pe aceea a particulelor din câmpul acustic liber. Dacă în canalul rezonatorului se așază un material poros cu absorbție acustică, prin frecare rezonatorul devine un fonoabsorbant foarte eficient. Pe acest principiu s-au construit rezonatori absorbant din materiale obișnuite de construcție și din pinză. Cavitățile de rezonanță au un perete

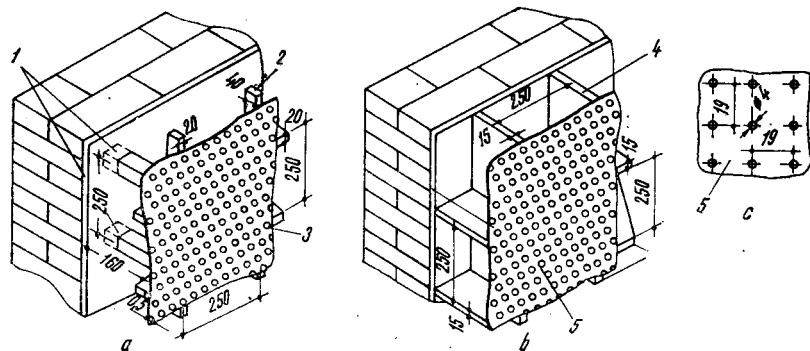


Fig. 21.31. Absorbant acustici rezonatori cu bandă largă de frecvențe:
 a — tip ZP-3a; b — tip ZP-3b; c — detaliu de perforare a placajului; 1 — grinzișoare încastrate în perete; 2 — schelet din grinzișoare de lemn; 3 — pinză; 4 — compartimentare cu scinduri; 5 — foaie de acoperire din placaj de lemn.

perforat exterior sub formă de foaie de acoperire continuă (ecran) și sînt separate între ele prin pereți despărțitori (fig. 21.30 și 21.31). Pentru obținerea unui coeficient de absorbție sonoră anumit, cu valori convenabile într-un domeniu de frecvențe de la f_1 pînă la f_2 , dimensiunile rezonatorului și valoarea frecării în gîtul lui trebuie alese în mod corespunzător.

În figura 21.32 se prezintă o diagramă comparativă, în funcție de frecvența sunetului între coeficienții de absorbție acustică care se realizează cu diverse tipuri de absorbantți utilizați.

21.2.2.4. Placaie absorbante funcționînd pe principiul unor sisteme oscilante. În afară de

absorbantții acustici poroși și a rezonatorilor cu aer, există structuri fonoabsorbante care se bazează pe faptul că un panou aflat în calea undelor acustice vibrează și că întreținerea acestor vibrații implică consumarea unei părți din energia acustică respectivă. Acest lucru este valabil și pentru un anumit volum de aer închis în spatele unui perete. Oscilațiile panoului sau aerului devin foarte intense la rezonanță, cînd frecvența undelor sonore incidente coincide cu frecvența oscilațiilor proprii ale sistemului, absorbția maximă avînd loc tocmai în acest caz.

O placă din material compact, fixată la o anumită distanță față de un perete masiv are o frecvență f_0 a oscilațiilor proprii, care depinde de valoarea masei m a plăcii, pe m^2 și de grosimea d a stratului de aer ce desparte placa de perete și îndeplinește funcțiunea de mediu elastic al sistemului oscilant:

$$f_0 = \frac{1}{2\pi} \sqrt{\frac{q}{m}} = \frac{1}{2\pi} \sqrt{\frac{c^2 \rho}{md}}, \quad (21.7)$$

unde: f_0 este frecvența oscilațiilor proprii, în Hz;

c — viteza de propagare a sunetului, în m/s;

ρ — densitatea aerului, în kg/m^3 ;

q — elasticitatea stratului de aer egală cu $c^2 \rho/d$.

Relația (21.7) se poate scrie și sub forma:

$$f_0 = \frac{600}{Pd},$$

unde P este greutatea plăcii, în daN/m^2 , iar d — distanța față de perete, în cm.

Absorbantții de tip placă se pot monta cu spațiu liber în spatele lor sau cu pîslă (fig. 21.33). Prezența pîslă afinează mărește capacitatea de absorbție, în special în domeniul de frecvență apropiat de rezonanța plăcii. Se poate îmbunătăți capacitatea de absorbție și compartimentînd spațiul prin rigle și fișii de vată, care împiedică oscilațiile stratului de aer captiv pe întreaga suprafață a peretelui. Se recomandă ca dimensiunile celulelor astfel realizate să fie mai mici decît jumătatea lungimii de undă de rezonanță; astfel pentru elementele care absorb în domeniul pînă la 200 Hz, laturile trebuie să fie sub 0,7...0,8 m.

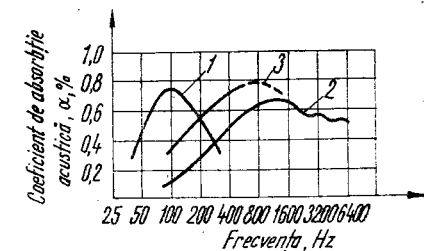


Fig. 21.32. Diagrama variației coeficienților de absorbție acustică în funcție de frecvența sunetului:

1 — pentru absorbantți acustici ZP-1; 2 — pentru absorbantți acustici ZP-3a; 3 — pentru absorbantți acustici ZP-3b.

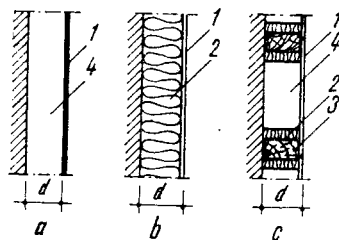


Fig. 21.33. Variante de montare a tratărilor fonoabsorbante de tip placă oscilantă:

a - cu spațiul din spatele placajului plin cu aer; b - cu spațiul din spatele placajului umplut cu vată; c - cu plăci de placaj îmbrăcate perimetral, pe intrados cu fișii de vată; 1 - placă din material compact (placaj); 2 - pîslă sau vată afinată; 3 - șipci din lemn; 4 - strat de aer.

În figura 21.34 se prezintă variația coeficientului de absorbție acustică în funcție de frecvența sunetului pentru plăci de placaj montate cu spațiu liber de aer, cu spațiul din spatele placajului umplut cu vată și cu placajul îmbrăcat pe intrados cu fișii de vată.

În locul panourilor de placaj, carton sau metal care sînt relativ rigide, pentru sistemele oscilante se pot utiliza pînze impermeabile la aer. Aceste tipuri de placaje absorbante se utilizează în săli de concert pentru îmbunătățirea absorbției acustice la frecvențe joase și sînt realizate dintr-un cadru de lemn pe care se întinde o pînză groasă acoperită cu lac de aviație și o plasă de sîrmă între care se introduce vată de bumbac afinată (fig. 21.35). Este interesant de menționat că dacă panoul se așază cu pînza groasă spre încăpere, acesta lucrează ca un sistem oscilant de absorbție (avînd o absorbție maximă pentru frecvențe joase) iar dacă se întoarce cu vata spre încăpere, lucrează ca un absorbant poros (absorbția se mărește în zona frecvențelor înalte).

Panourile oscilante se pot combina, avînd rezultate favorabile, cu sistemul de absorbție al materialelor poroase, utilizînd plăci perforate care au în spate material absorbant poros, însă, din această cauză scad proprietățile de absorbție pentru frecvența de rezonanță. La un procent de găuri mai mare de 10...20%, aceste plăci încetează de a mai lucra ca sisteme oscilante de absorbție, rămînînd valabilă numai absorbția asigurată de materialul poros.

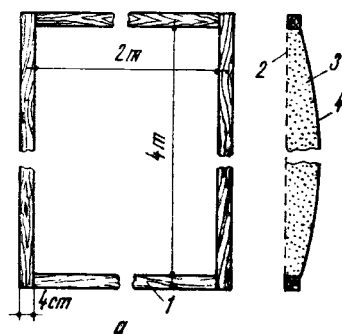


Fig. 21.35. Panou absorbant de tip membrană oscilantă:

a - schema constructivă; b - caracteristica de absorbție a panoului; 1 - cadrul scheletului; 2 - plasă de sîrmă; 3 - vată; 4 - pînză impregnată sau mușamă.

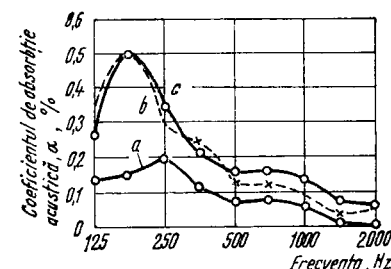
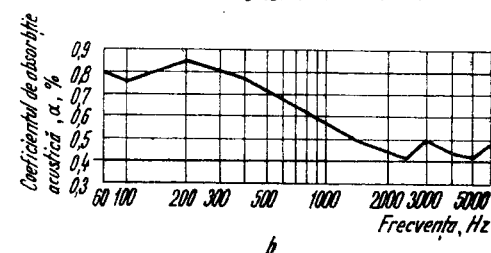


Fig. 21.34. Diagrama de variație a coeficientului de absorbție acustică, α , pentru plăci din placaj de lemn:

a - cu spațiul din spatele placajului plin cu aer; b - cu spațiul din spatele placajului umplut cu vată rigidă; c - cu fișii de vată dispuse pe perimetrul panourilor de placaj.

Cele mai multe din soluțiile moderne pentru tratamente acustice la săli de conferințe, teatre, holuri în clădiri pentru transporturi, hale industriale etc. prezentate în figurile 21.36, 21.37 și 21.38 sînt combinații între tipurile fundamentale descrise.

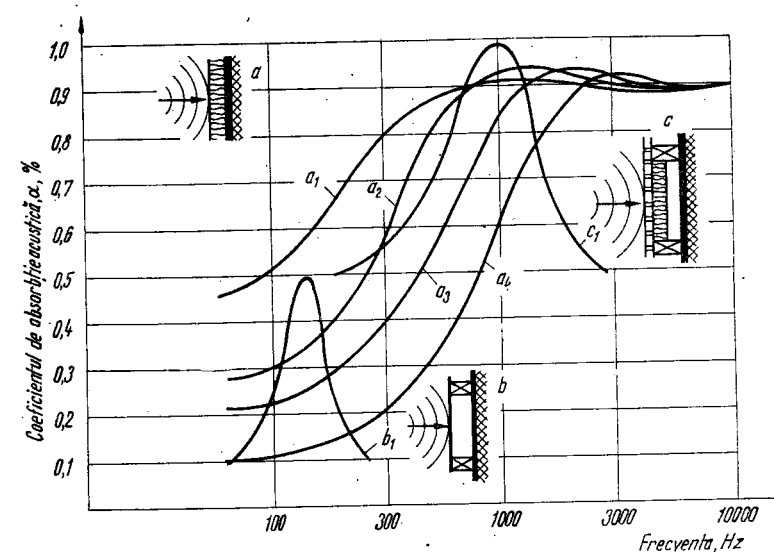


Fig. 21.36. Variația coeficientului de absorbție acustică, α , în funcție de frecvența sunetului pentru tratamente absorbante:

a - din materiale poroase; b - cu membrană oscilantă; c - cu rezonatori; a_1 ; a_2 ; a_3 ; a_4 - diagramele de variație a valorilor coeficienților de absorbție acustică, în raport cu frecvența sunetului pentru absorbanti porosi cu grosimile de 2,5; 5,0; 7,5 și 10 cm; b_1 - diagrama de variație a valorilor coeficienților de absorbție acustică, în raport cu frecvența sunetului pentru absorbanti cu membrană oscilantă; c_1 - diagrama de variație a valorilor coeficienților de absorbție acustică, în raport cu frecvența sunetului pentru rezonatori.

Fig. 21.37. Fișii armate din beton celular autoclavizat pentru planșee de acoperiș cu tavan netencuit:

1 - fișie din beton celular autoclavizat; 2 - umplutură din burete plastic; 3 - mortar de legătură.

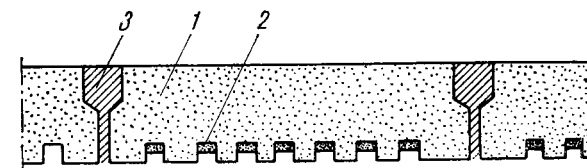
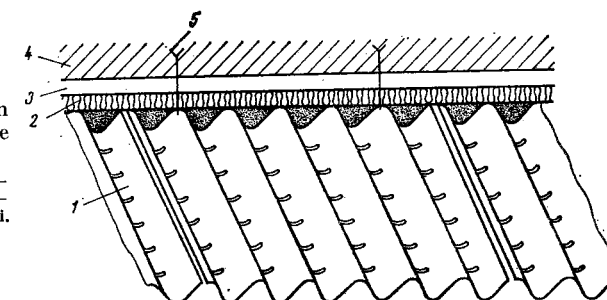


Fig. 21.38. Tavan fonoabsorbant din plăci de azbociment ondulat și saltele de vată minerală:

1 - plăci de azbociment ondulat cu perforații; 2 - saltele de pîslă minerală; 3 - spațiu liber; 4 - planșeu; 5 - tiranți pentru suspendarea tavanului.



PARDOSELI

22.1. CONDIȚIILE FUNCȚIONALE ȘI DE CALITATE
PENTRU PARDOSELI

Pardoselile sînt îmbrăcămînțile de la partea superioară a planșelor care, în raport cu destinația încăperilor, trebuie să satisfacă condiții capitale de calitate privind: rezistență la uzură și la acțiunile mecanice; rezistență la umiditate; capacitate de izolare termică, acustică și hidrofugă; elasticitate; cerințe arhitectonice, estetice și igienice compatibile exploatarei.

La alegerea materialelor și structurilor de pardoseli se iau în considerare următoarele criterii: destinația încăperii; planeitatea și rugozitatea suprafeței; rezistența la uzură, la compresiune și la poansonare, în funcție de natura încărcărilor (uniform repartizate sau concentrate); siguranța contra alunecării (pe suprafețe umede); porozitatea materialului (superficială și interioară); durabilitatea; comportarea și rezistența la umiditate (absorbție, permeabilitate), rezistența la uleiuri, grăsimi și substanțe agresive (acizi sau baze), în raport cu caracteristicile tehnologice ale procesului de producție din încăperi, proprietățile termo- și fonoizolante ale materialelor, rezistența la foc, economicitatea la investiție și în exploatare, posibilitatea de execuție industrializată, condițiile de menținere a curățeniei și a unei întrețineri ușoare, materialele existente la dispoziție, cele de proveniență locală etc.

22.2. CLASIFICAREA PARDOSELILOR

Pardoselile se pot clasifica în funcție de materialele din care sînt executate, de modul de execuție și exploatare, de comportarea din punct de vedere termic etc.

După natura materialelor, se deosebesc:

- *pardoseli de pămînt*, alcătuite din lut, cu sau fără adaosuri fibroase (pleavă, paie tocate, cîlți etc.), bine compactat și netezit, utilizate la pivnițe, în mediu uscat și la încăperi cu circulație accidentală;
- *pardoseli din pămînt stabilizat*, executate din pămînt cu 15...30% fracțiune argilooasă, tratat cu var, ciment, gudron sau bitum pentru a-i ameliora comportarea la acțiunea apei (rezistența mecanică și stabilitatea);
- *pardoseli din piatră naturală*, realizate din plăci sau pavele de piatră naturală (calcare, granite, marmură), de diferite forme și dimensiuni, utilizate la încăperi de trecere și de circulație intensă (vestiare, degajamente, culoare, holuri, săli de așteptare, magazine, restaurante, cantine etc.);
- *pardoseli de piatră artificială*, realizate din piatră nearsă (beton, ciment, ipsos, mozaic, turnate monolit sau din plăci prefabricate) sau din piatră arsă (cărămidă obișnuită sau specială, plăci ceramice, plăci de gresie ceramică etc.), utilizate la încăperi de trecere și circulație, la încăperi umede (grupuri sanitare, băi, spălătorii, bucătării etc.);
- *pardoseli de lemn*, realizate din esențe de rășinoase sau foioase, sub formă de dușumeli, parchete, pavele, utilizate ca pardoseli calde la clădiri de locuit și social-culturale;

— *pardoseli din materiale bituminoase*, executate din asfalt, mortar cu suspensie de bitum filerizat, mozaic de piatră cu lianți bituminoși, utilizate la încăperi cu procese umede, la depozite, remize, garaje, unele ateliere și laboratoare;

— *pardoseli din materiale speciale*, realizate din xilolit, linoleum, cauciuc, plăci de plută aglomerată, plăci din fibre vegetale presate, din fibre de azbest, materiale plastice, utilizate la încăperi de locuit, ateliere de fabricație, birouri, construcții destinate sportului, în încăperi de circulație, la săli de spectacole etc.;

— *pardoseli din elemente translucide de sticlă*, executate din pavele de sticlă tip solar, rotalit etc., utilizate cînd se urmărește iluminarea spațiului de dedesubt, de exemplu, la acoperirea curților de lumină.

După continuitatea suprafeței, pardoselile pot fi:

— *continue*, turnate monolit la fața locului, cu sau fără rosturi de contracție sau dilatație (asfalt, beton, mozaic etc.);

— *cu rosturi*, realizate din elemente prefabricate, dispuse cu rosturi monolitizate (marmură, gresie, beton, mozaic, lemn etc.).

După gradul de izolare termică, se deosebesc:

— *pardoseli calde*, izolante din punct de vedere termic, realizate din materiale cu coeficient mic de conductivitate termică (lemn, asfalt, linoleum, cauciuc, plută etc.);

— *pardoseli reci*, realizate din materiale cu coeficient mare de conductivitate termică (marmură, beton, mozaic etc.).

După comportarea sub acțiunea încărcărilor de exploatare, pardoselile se clasifică în:

— *pardoseli rigide* (beton, mozaic, produse ceramice), sensibile la tasări și la deformațiile elastice ale planșelor, care necesită suporturi rigide;

— *pardoseli elastice* (lemn, cauciuc, plută etc.).

22.3. ALCĂTUIREA GENERALĂ A STRUCTURII PARDOSELILOR

Pardoselile, în general, sînt alcătuite din următoarele straturi (fig. 22.1):

- strat de rezistență (suport);
- strat de uzură (pardoseala propriu-zisă);
- strat de umplutură prin care se realizează legătura dintre stratul suport de rezistență și stratul de uzură și care poate avea rol de izolare termică, acustică, hidrofugă, de fixare etc.

Stratul de rezistență sau stratul suport al pardoselii poate fi alcătuit din pămînt (la subsol, demisol sau parter) sau din elemente de rezistență ale planșelor (plăci, bolți etc.), la etaje.

Structura sistemului de pardoseală este condiționată, în afară de destinația încăperii, de rigiditatea suportului, natura și mărimea încărcărilor locale, acțiunea apei. La pardoseli de pămînt unde poate interveni acțiunea apei capilare sau a apei sub presiune se prevăd și straturi de izolare hidrofugă.

Materialele de legătură dintre stratul de uzură și stratul suport se aleg în funcție de rigiditatea pardoselii, posibilitatea de acțiune a apei, condițiile de exploatare și întreținere.

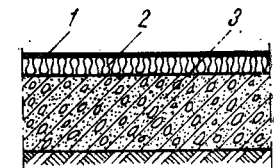


Fig. 22.1. Alcătuirea principală a unei pardoseli:
1 - strat de uzură; 2 - strat de umplutură sau de izolare; 3 - strat suport de rezistență.

22.4. STRUCTURI DE PARDOSELI

22.4.1. PARDOSELI DE PĂMÎNT

Sînt indicate la construcții agricole și industriale, la remize, depozite, ateliere, foraje, amplasate pe teren uscat, fără pinze subterane de apă. Nu se pot folosi la încăperi umede și acolo unde prin exploatare se produce praf. Pentru îmbunătățirea comportării în exploatare a pardoselilor de pămînt se folosesc adaosuri minerale (pietriș, zgură), fibroase (paie) sau lianți stabilizatori (ciment, var, bitum, gudron).

22.4.1.1. Pardoseli din pămînt natural. Se utilizează ca strat suport, de rezistență în zone fără pinze de apă subterană și se realizează din pămînt compactat prin batere cu maiul sau prin cilindrare.

22.4.1.2. Pardoseli din argilă compactată. Se folosesc la șoproane, grajduri, ateliere de montaj pentru semifabricate, spații de depozitare cu condiția ca umiditatea relativă a aerului din încăperi să fie sub 60%. Aceste tipuri de pardoseli se realizează după înlăturarea stratului de pămînt vegetal, prin compactarea argilei cu o umiditate optimă de 12...18%, în straturi de 5...8 cm, pînă se ajunge la o grosime finală de 15...30 cm.

22.4.1.3. Pardoseli din argilă cu adaosuri. Sînt realizate din argilă și pietriș sau zgură amestecate în proporțiile 1:2...1:3, dozate astfel încît cantitatea de argilă să depășească volumul golurilor cu 10...20%. Pentru a evita apariția fisurilor din contracție în stratul de uzură se introduc adaosuri mineralizate sub formă de paie tocate, rumeguș, pleavă sau cilți.

22.4.1.4. Pardoseli din pămînt stabilizat. Sînt realizate din pămînturi argiloase tratate cu var, ciment (5...6%), lianți hidrocarbonați (bitum, gudron) sau lianți micști ce asigură stabilitatea la apă a pardoselilor, fiind indicate ca strat suport înlocuind betonul sau ca pardoseli definitive la unele construcții agricole sau industriale (depozite, remize, oțelării etc.).

22.4.2. PARDOSELI DE PIATRĂ ARTIFICIALĂ

În funcție de materialul utilizat, pardoselile de piatră artificială pot fi din:

- *piatră nearsă*, executate continue din betoane monolite sau din elemente prefabricate de beton, montate cu rosturi;
- *piatră arsă*, sub formă de produse ceramice.

Pardoselile de piatră artificială sînt rezistente la umiditate și foc, la uzură, durabile și decorative, se întrețin ușor și se pot executa prin metode industriale, dar nu sînt izolante termic și acustic, sînt reci și de aceea nu se pot folosi la încăperi de locuit, birouri și încăperi social-culturale.

Pardoselile din piatră artificială se utilizează la încăperi de trecere și la circulație intensă (vestiare, degajamente, culoare, holuri, săli de așteptare), la încăperi umede (grupuri sanitare, băi, spălătorii, bucătării), la magazine, restaurante, cantine, la laboratoare, la construcții industriale, construcții agricole.

22.4.2.1. Pardoseli de beton. Se folosesc la subsolul sau parterul construcțiilor, realizîndu-se din amestec de balast, ciment și apă, cu dozaj de 100...200 kg ciment/m³, în funcție de încărcările de pe pardoseală și de condițiile de exploatare ale încăperilor, turnat în grosime de 6...10 cm, pe strat de nisip sau pietriș, de grosime 5 cm, așezat pe pămînt bine compactat (fig. 22.2, a).

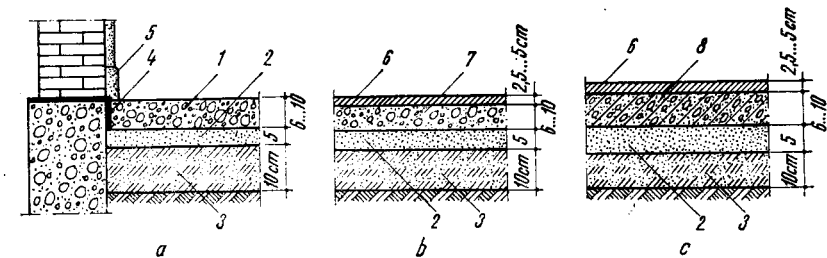


Fig. 22.2. Pardoseli de beton brut:

a — într-un singur strat; b — în două straturi cu stratul suport din beton simplu; c — în două straturi cu stratul suport din beton armat; 1 — strat de uzură din beton brut; 2 — strat de pietriș; 3 — umplutură de pămînt compactată; 4 — rost umplut cu mastic bituminos; 5 — plintă; 6 — strat de uzură din beton cu dozaj 330 kg ciment/m³ beton; 7 — strat de rezistență din beton simplu; 8 — strat de rezistență din beton slab armat.

Pentru a limita apariția fisurilor din contracție, la suprafețe mari, betonul de pardoseală se toarnă în cimpuri cu rosturi de 1,5...2 cm, amplasate la 4 m distanță, realizate la execuție din scinduri dispuse pe cant și completate ulterior cu mortar de asfalt.

La construcții cu cerințe deosebite, pardoseala de beton brut se realizează din două straturi (fig. 22.2, b): stratul suport din beton cu dozaj 100...150 kg ciment la 1 m³ balast, avînd grosimea de 6...10 cm și stratul de uzură de 2,5...5 cm grosime, realizat din beton cu dozaj 330 kg ciment la 1 m³ de beton și preparat cu pietriș avînd granule de maximum 2 cm.

La încărcări mari și la terenuri susceptibile de tasări, stratul suport al pardoselii este armat cu plase sudate de oțel-beton $\varnothing = 6...10$ mm, cu ochiuri de 15...33 cm (fig. 22.2, c). Suprafața superioară a pardoselii se prevede cu pantă de 1%, orientată spre gura de scurgere.

Pardoselile din plăci prefabricate de beton se realizează din dale de 50×50×8 cm, sau de 100×100×10 cm, confecționate din beton cu dozaj 200 kg ciment la 1 m³ beton. Dalele prefabricate se montează în mortar de poză pe suport de beton simplu, beton slab armat, cu sau fără substrat de pietriș, în funcție de condițiile de circulație, starea de încărcare a pardoselii și de umiditate a terenului (fig. 22.3, a). Mortarul de poză în grosime de 2...3 cm se realizează din ciment și nisip 1:3 sau 1:4. Rosturile, sub 1 cm grosime, se completează cu lapte de ciment. La construcții de importanță secundară, dalele de beton se pot monta pe strat de nisip de poză, de 5 cm grosime (fig. 22.3, b). Rosturile se completează cu nisip sau mortar plastic. Pardoselile din dale prezintă avantajul că se pot întreține și reface ușor.

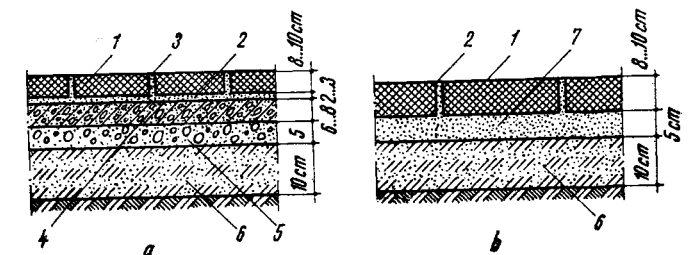


Fig. 22.3. Pardoseli din dale prefabricate de beton:

a — montate în mortar de poză; b — montate în nisip; 1 — dale prefabricate din beton; 2 — rost umplut cu mortar plastic sau nisip; 3 — mortar de poză; 4 — strat suport de rezistență din beton slab armat; 5 — strat de pietriș; 6 — umplutură de pămînt compactată; 7 — nisip de poză.

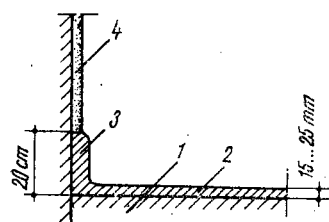


Fig. 22.4. Pardoseală de ciment sclivisit:

1 - strat suport; 2 - strat de uzură din mortar de ciment sclivisit; 3 - scafă din mortar de ciment; 4 - tencuială.

Se aplică în panouri de 0,5...2,0 m, rosturile completându-se ulterior cu masă de bitum. Suprafața pardoselii se poate finisa simplu sclivisită prin frecare cu mistria pînă se obține planeitatea sau rolată, cînd pe suprafața proaspăt turnată a mortarului se realizează adîncituri prin rolarea unui cilindru zimțat, obținîndu-se o suprafață rugoasă. La încăperi umede, pardoseala se racordează cu pereții prin scafe din mortar de ciment de 10...20 cm înălțime. Suprafața pardoselii se menține umedă timp de 10 zile, pentru a se asigura condiții optime de întărire a mortarului de ciment.

Pardoselile de ciment sclivisite se utilizează la pivnițe, spălătorii, culoare, magazii, garaje, remize pentru vehicule cu bandaje de cauciuc etc.

22.4.2.3. Pardoseli de mozaic. 22.4.2.3.1. *Pardoseli de mozaic turnat.* Se realizează din mortare de ciment, la care nisipul este înlocuit cu piatră de mozaic, provenind din marmure, calcare, serpentine sau tufuri vulcanice, în dozaaje 1 : 1,5...1 : 2 (ciment : piatră de mozaic). Piatra de mozaic prezintă granule de 0,2...6 mm și sorturi de la 0 la 6 și anume: 0,2/0,5; 0,5/1; 1/2; 2/3; 3/4; 4/5; 5/6.

Pardoselile mozaicate sînt cunoscute din antichitate (sec. V î.e.n.). Vitruviu în lucrarea sa *De architectura*, descrie pardoseli din bucăți de piatră în formă de cuburi cu latura 1...2 cm, fixate cu mortar de var, nisip, clei, ceară și colorant mineral. Mozaicuri estetice se obțin din amestec de piatră de mozaic divers colorată, cu 50 % granule de 4...7 mm și 50 % de 0,5...2 mm sau din adaosuri de culori minerale: negru, roșu, ocră, galben, cinabru, verde, albastru, în mortar. Cantitatea de oxizi colorați nu trebuie să depășească 15 % din greutatea cimentului. Se folosește ciment obișnuit pentru culorile negru, roșu și cenușiu și ciment alb sau colorat pentru culorile alb, galben, verde, albastru. Amestecul de ciment, colorant și piatră de mozaic se realizează în stare uscată pînă la omogenizare.

Suportul pardoselii de mozaic turnat constă din mortar de ciment în grosime de 2...3 cm cu dozaj 400 kg ciment de 1 m³ mortar (fig. 22.5). Stratul de uzură din mortar de mozaic în grosime de 1...2 cm se compactează prin îndesare cu mistria, pînă apare la suprafață laptele de ciment. Turnarea mortarului de mozaic

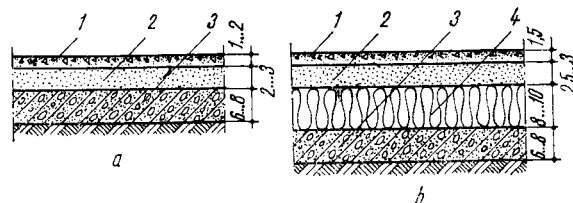
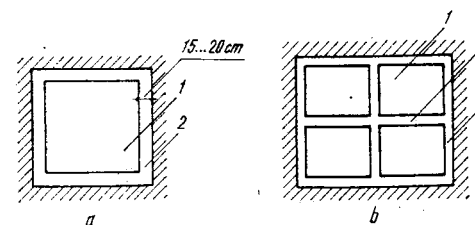


Fig. 22.5. Pardoseli din mozaic turnat:

a - fără izolație termică; b - cu izolație termică; 1 - mortar de mozaic; 2 - strat suport din mortar de ciment; 3 - strat de rezistență; 4 - termolizolație.

Fig. 22.6. Pardoseli de mozaic:

a - în cîmp continuu, cu bordură pe contur; b - în cîmpuri delimitate de borduri; 1 - cîmp; 2 - bordură marginală; 3 - bordură centrală.



se face la încăperi mici în cîmpuri delimitate pe contur cu borduri de 15...20 cm lățime, din mozaic turnat, colorat diferit față de cîmp (fig. 22.6, a). La încăperi mari turnarea mortarului de mozaic se face în mai multe cîmpuri, delimitate de borduri marginale și interioare pentru a evita apariția fisurilor din contracție (fig. 22.6, b).

Pentru turnarea bordurilor, după trasarea acestora, pe suprafața suport, se fixează cu ipsos ștraifuri de sticlă sau baghete metalice, cu înălțimea de 1...2 cm, în funcție de grosimea mozaicului, dispuse în lungul bordurilor, la distanță, egală cu lățimea acestora.

La 3...4 zile de la turnare, suprafața pardoselii de mozaic turnat se netezește prin frecare cu piatră de freat, manual sau mecanizat, îndepărtîndu-se excesul de ciment și lăsînd aparentă piatră de mozaic. Frecarea se face nu mai tîrziu de 10...14 zile de la turnare deoarece întărirea excesivă a mortarului poate conduce la dislocarea granulelor de mozaic. Suprafața mozaicului, după frecare, este estetică dacă granulele de piatră de mozaic au aceeași mărime și au fost uniform distribuite în masa mortarului. După ce suprafața pardoselii a fost frecată cu piatră abrazivă, ea se impregnează cu ulei de înfiert, cu ulei mineral diluat cu benzină sau cu ceară de parchet, după care se freacă și se lustruiește cu perii din pîslă.

La încăperi de dimensiuni mari, la săli și holuri, la clădiri importante, mozaicul se toarnă în carouri, cu dimensiuni 1,0 x 1,0...3,0 x 3,0 m și cu culori diferite, formînd desene variate sau în șah. Rosturile dintre carourile de aceeași culoare, în grosime de 5...10 mm, se completează ulterior cu mortar de mozaic de altă culoare. La desene mai complicate se utilizează șabloane de tablă (fig. 22.7).

La treptele scărilor, stratul de uzură din mozaic se toarnă în grosime de 3,5 cm la treapta propriu-zisă și de 2 cm la contratreaptă (fig. 22.8).

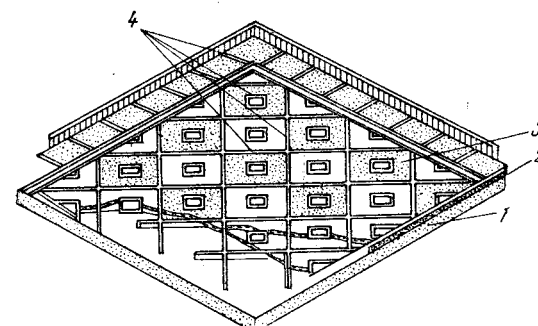


Fig. 22.7. Pardoseli de mozaic turnat în cîmpuri cu model:

1 - strat suport de rezistență; 2 - mortar de egalizare; 3 - strat de uzură din mozaic turnat în cîmpuri; 4 - șabloane din tablă sau baghete de sticlă.

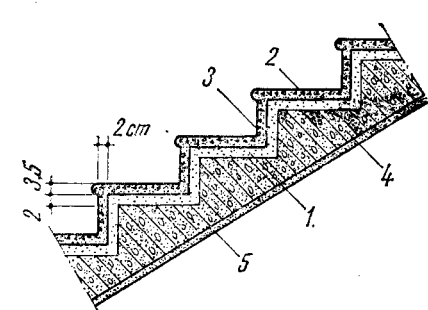


Fig. 22.8. Scări cu trepte mozaicate:

1 - strat suport din mortar; 2 - strat de mozaic la trepte; 3 - strat de mozaic la contratrepte; 4 - rampa scării; 5 - tencuială la intradosul scării.

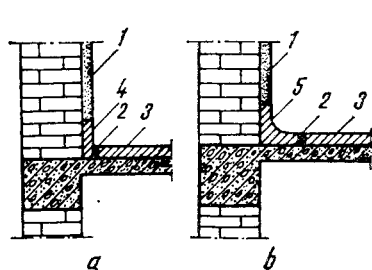


Fig. 22.9. Racordarea dintre pardoseală și perete:

a - cu plintă; b - cu scafă; 1 - tencuială; 2 - rost elastic; 3 - pardoseală de mozaic; 4 - plintă; 5 - scafă.

Racordarea dintre pardoseală și perete se face cu:

— *plintă*, de 12...15 cm înălțime și 2 cm grosime, turnată pe mortar de poză de 2...3 cm grosime, cu dozaj de 400 kg ciment la 1 m³ mortar (fig. 22.9, a);
— *scafă*, de 15...25 cm lățime desfășurată, dispusă parțial în perete și parțial în pardoseală, realizată monolit sau prefabricat din mortar de mozaic și fixată cu mortar de ciment având dozajul de 400 kg ciment la 1 m³ mozaic (fig. 22.9, b).

La scări mozaicate, pentru a realiza protecția pereților, se prevede plintă de mozaic de înălțime 15...20 cm față de aripa înclinată (fig. 22.10).

22.4.2.3.2. *Pardoseli de mozaic venețian*. Se realizează din mozaic turnat, alcătuit din granule de marmură de dimensiuni mai mari decât la mozaicul obișnuit, cu forme și eventual cu culori diferite. Aceste pardoseli sînt indicate la locuințe, băi, holuri, bucătării, vestibule, fiind rezistente la uzură și umiditate. Mortarul de mozaic preparat din ciment, apă, granule de marmură și colorant este turnat în grosime de 1,5...2 cm, pe suport din mortar de ciment în grosime de 2...3 cm, realizat cu nisip de râu. La parter, stratul de rezistență este un pat de beton marca B 50 (fig. 22.11), iar la celelalte niveluri planșeu de beton armat. Racordarea dintre pardoseală și perete se face cu scafă de mozaic turnat, prefabricată din mozaic sau plăci de marmură. După frecare și lustruire, granulele mari de marmură din mortarul colorat devin aparente, asigură pardoselii aspectul estetic dorit.

22.4.2.3.3. *Pardoseli din plăci prefabricate de beton mozaicat*. Pardoselile de mozaic se pot realiza și din plăci prefabricate (fig. 22.12), alcătuite dintr-un strat

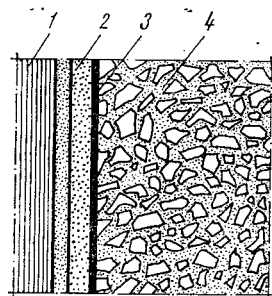


Fig. 22.11. Pardoseală din mozaic venețian:
1 - perete; 2 - scafă; 3 - bordură; 4 - mozaic venețian.

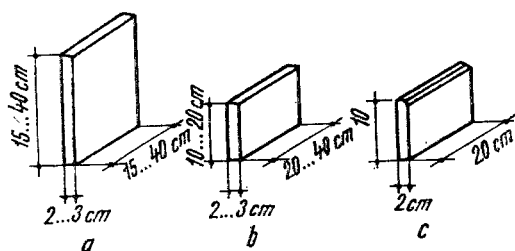


Fig. 22.12. Plăci prefabricate din beton mozaicat:
a - pătrate; b - dreptunghiulare; c - plinte.

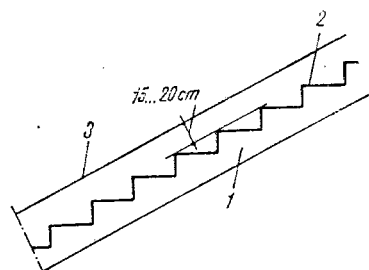


Fig. 22.10. Înălțimea plintei de mozaic la scări:

1 - rampa scării; 2 - trepte; 3 - plintă.

de beton și strat de uzură din mozaic obișnuit (piatră de calcar), sau de marmură, serpentin etc. Mozaicul poate fi alb, într-o singură culoare sau în mai multe culori, cu sau fără desene. Plăcile se execută mecanic la prese hidraulice și se șlefuiesc cu mașini speciale.

După formă, plăcile prefabricate de mozaic pot fi pătrate cu latura 15...40 cm, grosime 2...3 cm sau dreptunghiulare cu laturile 10×20 cm până la 20×40 cm și 2...3 cm grosime. Stratul de uzură din mozaic are grosimea 5...7 mm și este alcătuit din amestec de ciment, granule de piatră de 1...5 mm diametru, praf de piatră și coloranți din oxizi metalici în cantitate de 50 g la 1 kg ciment.

Plăcile se așază pe mortar de egalizare de 2 cm grosime, cu dozaj de 400 kg ciment la 1 m³ nisip, cu rosturi de maximum 5 mm lățime, completate cu lapte de ciment. Excesul de ciment, după întărire, se curăță prin frecare manuală sau mecanizată și prin spălare cu apă curată. În final, pardoselile se ceruiesc cu ceară de parchet și se lustruiesc.

22.4.3. PARDOSELI DIN PIATRĂ NATURALĂ

Au fost folosite la construcții publice și de locuit, din cele mai vechi timpuri, fiind realizate din piatră rezistentă la uzură și sînt indicate, în special, la încăperi cu cerințe arhitecturale și estetice deosebite, precum și la construcții monumentale: muzee, teatre, palate culturale și administrative, săli și holuri de recepție etc. Pardoselile din piatră naturală se realizează din plăci provenind din roci de naturi, durități și rezistențe diferite. Se folosesc:

- *roci eruptive* (granit, bazalt, diabaz, porfir), fiind indicate la circulație intensă, la intrările clădirilor publice, magazine universale, gări etc.;
- *roci sedimentare* (calcar, gresie), care sînt mai puțin dure și mai puțin rezistente la uzură;
- *roci metamorfice* (marmură) divers colorate, obținându-se pardoseli decorative și rezistente.

22.4.3.1. *Pardoseli din plăci de piatră naturală*. Se realizează din plăci de roci naturale, cu dimensiunile laturilor 20×20...100×100 cm și grosimea de 2...6 cm, în funcție de natura și duritatea rocii. Se folosesc pardoseli din piatră calcară sau din plăci de marmură.

Pardoselile din dale de piatră, de 4...6 cm grosime, de formă pătrată, au latura de 50...100 cm și sînt așezate pe mortar de 2 cm grosime cu dozaj de 400 kg ciment la 1 m³ mortar (fig. 22.13). Suportul de rezistență la pardoselile amplasate pe pămînt poate fi beton de egalizare slab armat. Rosturile verticale, de grosime 1 cm se realizează din mortar de ciment cu praf de piatră și eventual coloranți. Pentru a asigura aderența plăcilor de piatră calcară de mortarul suport, acestea se pozează în mortarul proaspăt peste care se toarnă un strat foarte subțire de lapte de ciment. Racordarea pardoselii la pereții și vîngurile de la casa scării, se realizează cu plinte de 12...15 cm înălțime, fixate de perete mortar (fig. 22.14)

Pardoselile din plăci de marmură se realizează din dale de forme și culori diferite. Obișnuit, se folosesc plăci pătrate de 30...50 cm latura, grosime 2...3 cm

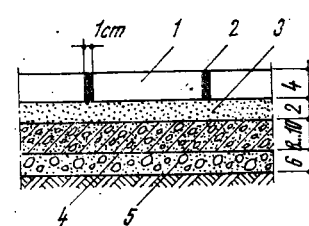


Fig. 22.13. Pardoseală din dale de piatră:

1 - dale de piatră; 2 - rost umplut cu mortar; 3 - mortar de poză; 4 - strat suport din beton armat; 5 - beton de egalizare.

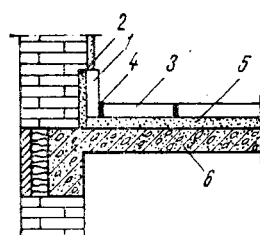


Fig. 22.14. Racordarea pardoselii din dale de marmură cu plintă:

1 - plintă din marmură; 2 - mortarul de poză al plintei; 3 - dale de marmură pentru pardoseală; 4 - rost umplut cu mortar; 5 - strat suport din mortar de ciment; 6 - planșeu de beton armat.

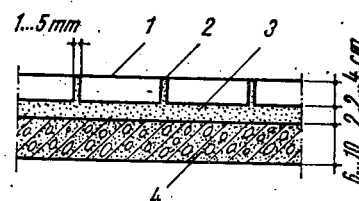


Fig. 22.15. Pardoseală din plăci de marmură:

1 - plăci de marmură; 2 - rost umplut cu mortar; 3 - strat suport din mortar; 4 - strat de rezistență din beton armat (placă de planșeu).

și de 50×100 cm latura și 4 cm grosime (fig. 22.15). Rosturile au grosimea 1...5 mm și se completează cu lapte de ciment alb sau colorat. După îndepărtarea, prin frecare, a excesului de lapte de ciment, pardoselile de marmură se spală cu apă curată, se ceruiesc cu ceară dizolvată în benzină și se lustruiesc.

În țara noastră, pentru pardoseli se folosesc dale obținute prin prelucrarea pietrei naturale de Albești, Moneasa, Gura Văii, Alun, Vașcău, Căprioara sau Rușchița.

22.4.3.2. Pardoseli din mozaic roman. Se realizează din plăcuțe de forme aproape regulate (cubice), cu latura de 1,5...2 cm, din calcar compact sau marmură, diferit colorate, așezate pe strat de mortar de ciment cu grosime 2...3 cm și cu dozaj 400 kg ciment la 1 m³ nisip. Plăcuțele se dispun fie neregulat, fie conform unor desene reprezentând ornamente, figuri, scene, natură stilizată etc. (fig. 22.16).

Pentru execuție se pregătesc panouri din plăcuțe lipite cu fața văzută pe hîrtie folosind clei de amidon, avînd în vedere desenele ce urmează a fi reproduse. La montare, panourile se dispun cu hîrtia în sus și se fixează în mortarul suport proaspăt. După ce mortarul a făcut priză în rosturi, se toarnă lapte de ciment alb sau colorat (în prealabil hîrtia s-a îndepărtat prin umezire). Excesul de lapte de ciment se elimină prin frecare și după uscare suprafeței se curăță cu pîslă muiată în ceară dizolvată în benzină și se lustruiește.

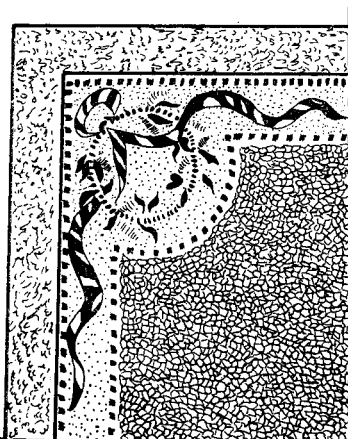


Fig. 22.16. Pardoseală din mozaic roman.

22.4.4. PARDOSELI DE ZGURĂ

Se realizează din zgură de furnal, cu grănule de maximum 50 mm, dispusă în două straturi de 15...20 cm grosime totală, bine compactate; pentru a mări rezistența mecanică, se tratează suprafața pardoselii cu apă, ce formează cu varul din zgură hidrat

de calciu, care prin acțiunea bioxidului de carbon din aer se transformă în carbonat de calciu.

Pardoselile de zgură sînt indicate a se utiliza în încăperi destinate garării vehiculelor.

22.4.5. PARDOSELI DE IPSOS

Sînt pardoseli elastice, calde, rezistente la foc, izolante acustic, au rezistență la compresiune 100 daN/cm² (măsurată la două luni) și greutate specifică aparentă 14 000...16 000 N/m³, se pot vopsi cu uleiuri colorate cu oxizi minerali. Nu pot fi folosite în încăperi cu circulație intensă și în condiții de umiditate relativă interioară mare.

Consistența amestecului de ipsos și apă folosit pentru stratul de uzură se ia, la compactare prin batere, 28...33 părți apă la 100 părți ipsos, iar la compactare prin vibrare, 25...35 părți apă la 100 părți ipsos (în greutate). La ipsos de calitate superioară se adaugă nisip cuarțos sau praf de marmură în proporție 1:1,5...1:1. Între stratul de beton de egalizare și ipsos se interpune nisip umed, de 2...3 cm grosime, bine compactat sau carton bitumat.

Rezistența mecanică a pardoselilor de ipsos crește prin impregnare cu ulei sau tratare cu ceară.

22.4.6. PARDOSELI CERAMICE

Se realizează din plăci de pămînt argilos tratat în diferite moduri și ars la diverse temperaturi. După natura pămîntului argilos utilizat, modul de prelucrare și temperatura de ardere se obțin produse de calitate diferite în ceea ce privește aspectul, rezistența la compresiune, rezistența la uzură și comportarea la umiditate. Plăcile ceramice se obțin în diverse forme și culori, permițînd realizarea unor pardoseli decorative. După calitatea lor, se disting: pardoseli din cărămidă obișnuită sau presată, pardoseli din plăci de ceramică obișnuită, pardoseli din mozaic de gresie sau din pișcoturi.

Condițiile specifice pe care trebuie să le îndeplinească pardoselile ceramice sînt:

- să nu permită dezvoltarea microorganismelor;
- să nu prezinte eflorescențe produse de sărurile solubile din apă sau argilă sau prin reacția gazelor sulfuroase ale cărbunilor utilizați la ardere; plăcile vitri-fiate nu prezintă eflorescențe; sărurile solubile dispar dacă plăcile se spală cu amestec de acid clorhidric și apă (1:10);
- să nu prezinte fisuri, deoarece acestea măresc porozitatea, permit infiltra-re a apei, întreținînd umiditatea care favorizează dezvoltarea microorganismelor, ce micșorează calitățile igienice ale plăcilor;
- să se întrețină ușor prin spălare cu apă și săpun.

22.4.6.1. Pardoseli din cărămidă. Se pot realiza din cărămizi obișnuite, în încăperi cu circulație redusă și din cărămizi dublu presate, în încăperi cu cir-

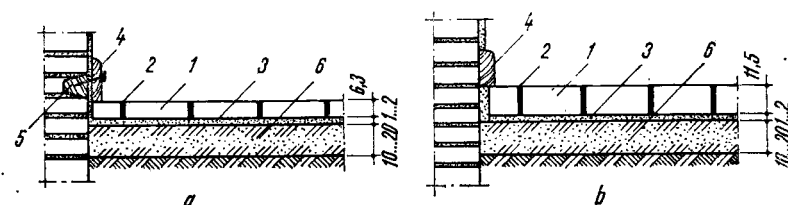


Fig. 22.17. Pardoseli din cărămizi:

a - așezate pe lat; b - așezate pe cant; 1 - cărămizi; 2 - rost umplut cu lapte de ciment; 3 - nisip de poză; 4 - plintă; 5 - diblu de lemn; 6 - strat de egalizare (pământ compactat sau beton B 50).

culație intensă. Cărămizile pentru pardoseli trebuie să prezinte rezistența la compresiune 200...300 daN/cm² și uzura 0,3...0,5 cm³/cm².

Aceste pardoseli se realizează din cărămizi așezate pe lat (fig. 22.17, a) sau pe cant (fig. 22.17, b), în strat de nisip de 1,5...2 cm grosime sau în mortar M 100 proaspăt, de 2...3 cm grosime (fig. 22.18). Stratul de legătură (nisipul sau mortarul) se așază pe planșeul de beton sau pe un strat de beton de egalizare B 50 în grosime de 8...10 cm și substrat de pietriș de 5 cm grosime, amplasat pe pământ, la pardoselile de la parter.

La pământ uscat se folosește ca substrat nisipul îndesat de 10...20 cm grosime. Rosturile dintre cărămizi, de 5 mm grosime, se umplu cu mortar fluid de ciment-nisip având dozaajul 1 : 3, după umezirea prealabilă a cărămizilor cu apă. După turnarea laptelui de ciment, se curăță suprafața pardoselii și se menține umedă timp de 3 zile.

22.4.6.2. Pardoseli din plăci ceramice. Se realizează din plăci ceramice tip A, divers colorate, confecționate din argilă arsă la 900...1 000°C prin presare pe cale semiuscată, având forme pătrate (12,2 × 12,2 × 2,4 cm), dreptunghiulare (12,2 × 6,1 × 1,4) sau hexagonale. Plăcile se dispun pe strat de egalizare de 2...3 cm grosime, din mortar de ciment 1 : 3...1 : 4 (fig. 22.19), cu rosturi de 3 mm, umplute cu lapte de ciment colorat în ton cu culoarea plăcilor ceramice. Suprafața pardoselii proaspăt executată se acoperă cu rumeguș care se menține umed 7...10 zile, pentru a se asigura condiții favorabile de întărire a mortarului de ciment. Pardoselile de ceramică de freacă la rosturi cu mașina de freat, se spală, se ceruiesc sau se lustruiesc. La execuție se montează rinduri de plăci

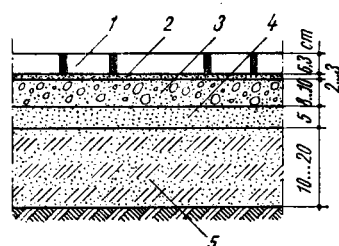


Fig. 22.18. Pardoseală din cărămizi realizată la parter:

1 - cărămizi; 2 - strat de poză din mortar M 100; 3 - strat de rezistență din beton B 50; 4 - strat de ruperea capilarității din pietriș; 5 - pământ compactat.

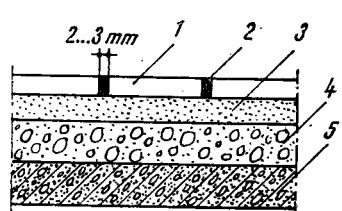


Fig. 22.19. Pardoseală din plăci de ceramică obișnuită:

1 - plăci ceramice; 2 - rost umplut cu mortar; 3 - mortar de egalizare; 4 - strat izolator din beton de zgură; 5 - strat de rezistență din beton armat.

reper, care asigură verificarea montării cu ajutorul dreptarului de lemn (fig. 22.20). Racordarea dintre pardoseală și perete se realizează cu plinte, scafe ceramice, mozaic turnat sau elemente prefabricate din mozaic. În încăperi umede, pardoseala se realizează cu pante necesare pentru scurgerea apelor.

22.4.6.3. Pardoseli de gresie ceramică.

Se realizează din plăci ceramice de calitate superioară obținute din argile plastice, omogene cu adaos de cuarț, feldspat, magnezită, dublu presate la 30...50 daN/cm² și 200...250 daN/cm² și arse în cuptoare speciale la 1 200...1 400°C. Plăcile colorate se realizează în două straturi, în stratul superior fiind înglobat colorantul mineral ce poate fi galben, roșu, verde, negru, albastru. Fața văzută poate fi netedă sau striată. Fața inferioară este prevăzută cu striuri pentru a asigura aderența la stratul suport de mortar. Plăcile mici de formă pătrată au latura de 10 cm, grosimea 1 cm și se utilizează la vestibule, culoare, băi, bucătării, laboratoare, iar plăcile mari de 15 sau 30 cm latura și 1,5...2,5 cm grosime se utilizează la hale industriale, abatoare etc.; se confecționează și plăci de formă hexagonală sau octagonală. Plăcile de gresie ceramică au duritatea mare și uzura mică (0,15...0,20 cm³/cm²).

Plăcile de gresie ceramică se dispun cu rosturi de 2...3 mm grosime, umplute cu lapte de ciment, pe strat din mortar de ciment-nisip 1 : 3, în grosime de 1,5...2 cm (fig. 22.21). Racordarea dintre pardoseală și perete se realizează cu scafe ceramice sau cu plinte. După execuție pardoselile din gresie ceramică se spală, se ceruiesc cu suspensie de ceară în petrosin și se lustruiesc.

În încăperi umede se prevede izolație hidrofugă sub stratul suport.

În băi, bucătării, vestibule, se folosesc pișcoturi cu dimensiunile 4 × 6 cm și grosimi 4...6 mm (fig. 22.22). Se obțin pardoseli decorative, rezistente și care se întrețin ușor prin spălare cu apă, săpun și ceruire.

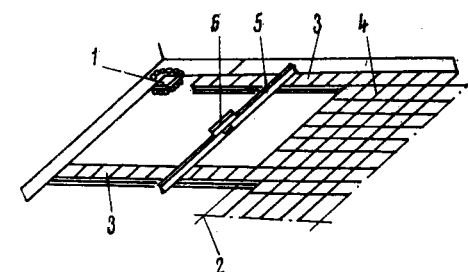


Fig. 22.20. Fază de montaj a plăcilor ceramice: 1 - placă reper la colțuri; 2 - sfoară; 3 - rind reper la margine și intermediar la 2 m distanță; 4 - rind curent în execuție; 5 - dreptar; 6 - nivelă cu bulă de aer.

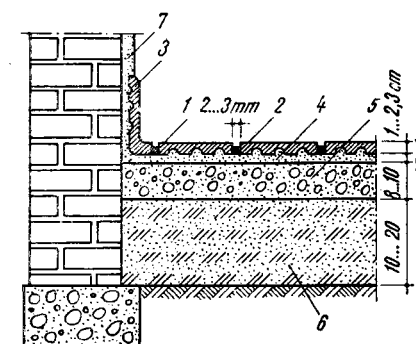


Fig. 22.21. Pardoseală din plăci de gresie ceramică:

1 - plăci de gresie ceramică; 2 - rost umplut cu mortar; 3 - scafă; 4 - strat suport din mortar de ciment; 5 - beton de egalizare B 25; 6 - pământ compactat; 7 - tencuială perete.

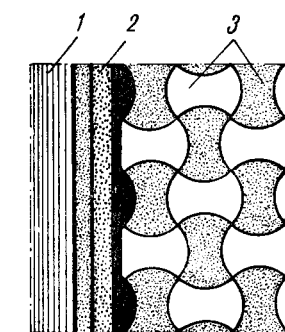


Fig. 22.22. Pardoseală din pișcoturi de gresie:

1 - perete; 2 - scafă; 3 - pișcoturi de gresie.

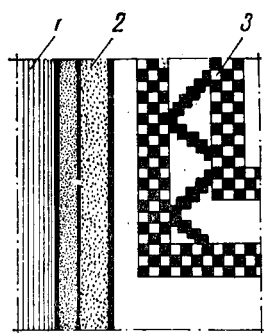


Fig. 22.23. Pardoseală din covor de gresie ceramică (kleinmozaic):

1 - perete; 2 - scafă din mozaic turnat sau din elemente prefabricate mozaicate; 3 - mozaic de gresie ceramică.

Sînt pardoseli utilizate din cele mai vechi timpuri, avînd o extindere mare la clădiri de locuit, încăperi social-culturale, administrative, laboratoare, magazine depozite, adăposturi etc. Pardoselile din lemn sînt elastice, antiderapante, izo-lante termic și acustic, estetice, se execută, se repară și se întrețin ușor dar au multe rosturi, se deformează și fisurează la variații de umiditate, adună praf în rosturi, nu prezintă rezistență mare la uzură, în condiții de umiditate putrezesc și în caz de incendiu ard. Pentru a mări rezistența la uzură, pardoselile de lemn se impregnează cu ulei, se vopsesc sau se ceruiesc.

După forma și dimensiunile elementelor de lemn, se disting :

- pardoseli din scînduri sau dulapi, denumite dușumele;
- pardoseli din parchete.

22.4.7.1. **Pardoseli din dușumele.** După gradul de prelucrare a materialului utilizat, pot fi :

- *dușumele brute*, realizate din scînduri de 8...30 cm lățime, 1,8; 2,4 sau 2,8 cm grosime, în stare brută, montate joantiv sau cu interspații; se utilizează ca pardoseli la pod, magazii sau ca dușumea oarbă sub parchet;
- *dușumele prelucrate* pe o parte la rindea, realizate din scînduri de 2,4; 2,8 sau 3,8 cm grosime și 10...30 cm lățime, fixate joantiv și îmbinate în falț; se folosesc la construcții auxiliare sau de importanță secundară;
- *dușumele în lambă și uluc*, realizate din scînduri sau dulapi avînd lățimea 10...16 cm, grosimea 2,2; 2,4; 2,8; 3,8 sau 4,8 cm și lungimea 2,0...6,0 m (fig. 22.24); se utilizează la școli, săli de gimnastică, ateliere (grosimea dula-

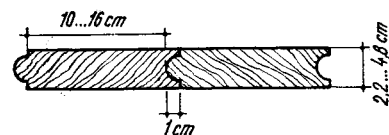
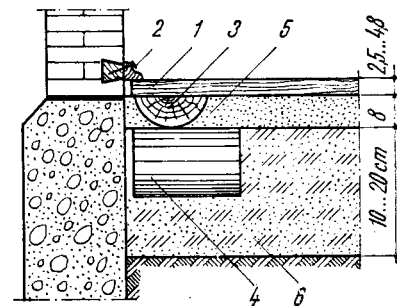


Fig. 22.24. Dușumele în lambă și uluc. ↑

Fig. 22.25. Pardoseală din dușumele de lemn:

1 - dușumea în nut și feder; 2 - pervaz fixat cu cule în dibluri de lemn; 3 - grinzișoare de rezistență; 4 - chituci; 5 - nisip; 6 - umplutură de pământ compactat.



22.4.6.4. **Pardoseli din kleinmozaic.** Se realizează din plăcuțe de gresie ceramică, de formă pătrată, drept-unghiulară sau hexagonală cu latura 2... 2,5 cm și grosime 6...7 mm, obținîndu-se pardoseli decorative prin varietatea culorilor și desenelor.

Se montează ca și mozaicul roman prin asamblarea în panouri a plăcuțelor de gresie ceramică, lipite cu clei pe hîrtie, după desenul preconizat și așezarea în mortar proaspăt de ciment-nisip 1 : 3...1 : 4, de 1,5... 2 cm grosime, cu sau fără substrat de nisip de 2... 3 cm grosime (fig. 22.23).

22.4.7. PARDOSELI DE LEMN

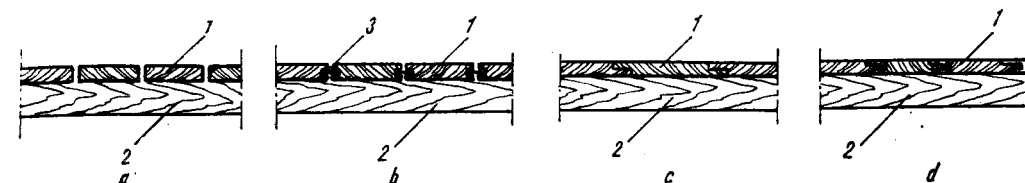


Fig. 22.26. Sisteme de îmbinare la dușumele:

a - joantiv; b - cu șipci; c - în falț; d - în nut și feder; 1 - dușumea; 2 - grinzi; 3 - șipci.

pilor 4,8 cm), la clădiri publice (grosimea scîndurilor 3,8 cm) și la locuințe (grosimea 2,2 sau 2,4 cm).

La parterul clădirilor, la terenuri uscate, se folosește ca suport pămîntul argilos, bine compactat sau stabilizat. Dușumeaua reazemă pe grinzi din material semirotund, cu diametrul 14...16 cm, dispuse la 65...75 cm distanță (fig. 22.25). Rezemarea grinzilor pe pămînt se face prin intermediul unor chituci de stejar cu lungimea 50 cm și diametrul 14 cm. Spațiul dintre pardoseală și pămînt de 8 cm grosime, se completează cu nisip, pietriș, zgură, pentru ruperea capilarității. Rostul dintre pardoseală și perete se acoperă cu pervaz.

După sistemul de îmbinare, se disting: pardoseli din dulapi joantivi (fig. 22.26, a), pardoseli din dulapi asamblați cu șipci (fig. 22.26, b), pardoseli din dulapi asamblați în jumătatea lemnului (fig. 22.26, c) și pardoseli din dulapi asamblați în nut și feder (fig. 22.26, d).

Rezemarea grinzișoarelor de lemn se poate face pe stîlpișori din zidărie de cărămidă amplasați la distanța 0,60...0,75 m prin intermediul a 2 sau 3 straturi de carton lipite cu bitum pentru protecția contra apei capilare (fig. 22.27). La subsoluri umede, pardoseala reazemă pe grinzișoare de tufan de 8x8...12x15 cm, dispuse pe strat de beton, izolat hidrofug. La nivelurile intermediare ale clădirilor cu mai multe etaje și la podul clădirilor, pardoseala se alcătuește în funcție de structura de rezistență a planșeului care poate fi de lemn, metal sau beton armat (fig. 22.28).

Fixarea dușumelelor de lemn se realizează cu cuie de 6 cm diametru, dușumelele îmbinate în jumătatea lemnului se fixează de fiecare grindă cu cîte un cui pentru a se evita deschiderea rosturilor datorită uscării scîndurilor (fig. 22.29). Dușumelele îmbinate în lambă și uluc se fixează cu cîte un cui de fiecare grindă, montat în interiorul ulucului. Între dușumele și perete se lasă un spațiu de 1...1,5 cm pentru a asigura libera deformare a pardoselii. Pentru ca grosimea rosturilor la montaj să fie minimă, montarea dulapilor se face cu ajutorul

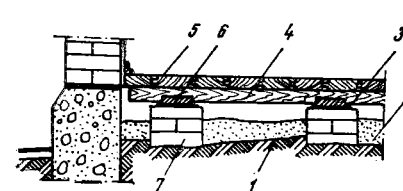


Fig. 22.27. Dușumele pe stîlpișori de cărămidă:

1 - pămînt natural; 2 - strat din pietriș pentru ruperea capilarității; 3 - hidroizolație; 4 - grinzișoare; 5 - dușumea; 6 - pene din lemn; 7 - stîlpișori de cărămidă.

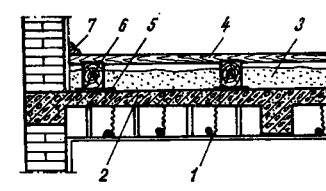


Fig. 22.28. Pardoseală din lemn la planșee de beton armat:

1 - tencuială pe rabit; 2 - planșeu de beton armat; 3 - umplutură din zgură; 4 - pardoseală din dușumele; 5 - carton bitumat; 6 - rigle; 7 - pervaz.

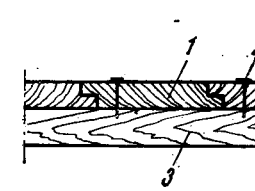


Fig. 22.29. Fixarea cu cuie a dușumelelor cu falț:

1 - dușumele; 2 - cui; 3 - riglă.

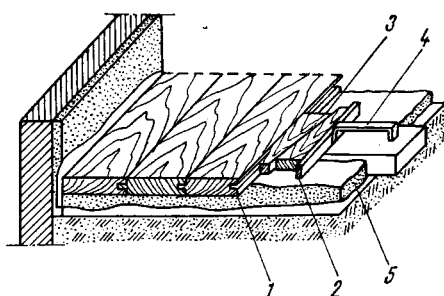


Fig. 22.30. Montarea dușumelor cu nut și feder:

1 - dulap; 2 - șipcă pentru glisarea penelor; 3 - pene reglabile; 4 - scoabă; 5 - umplutură.

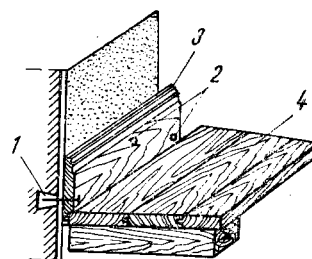


Fig. 22.31. Racordarea cu plinte a dușumelor:

1 - diblu; 2 - șurub; 3 - plintă; 4 - dușumea.

unor pene reglabile, astfel încât să se obțină contact cit mai perfect la rosturi (fig. 22.30).

Racordarea dintre pardoseală și pereți se realizează cu plinte de lemn fixate cu șuruburi sau cuie în dibluri de lemn, montate cu mortar de ipsos în goluri prevăzute în pereți (fig. 22.31).

22.4.7.2. Pardoseli de parchet. Sînt realizate din lamele de stejar, fag, castan, carpen, brad, de lățime 2,8...9 cm, lungime 11...45 cm, grosime 1,0; 1,7 sau 2,2 cm, îmbinate între ele și solidarizate de stratul suport.

Pardoselile de parchet sînt calde și de aceea sînt indicate la locuințe, birouri, unele laboratoare, săli de clasă, de recepție, biblioteci, săli de spectacole, săli social-culturale. În țara noastră se folosesc următoarele tipuri de parchet:

- cu lambă și uluc (nut și feder) (fig. 22.32, a);
- cu uluc pe toate patru laturile (fig. 22.32, b), asamblarea făcîndu-se cu șipci;
- cu falț în coadă de rîndunică pentru montaj în mastic bituminos (fig. 22.32, c);
- lamelar (fig. 22.32, d).

Se mai folosesc parchete trapezoidale fixate în mastic bituminos și panouri din lamele de stejar sau fag de 1 cm grosime și cu dimensiuni de 12,5 × 2,5 cm

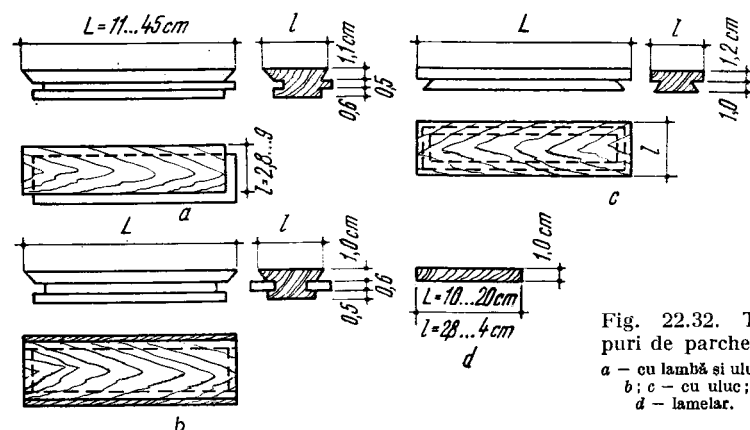


Fig. 22.32. Tipuri de parchet:
a - cu lambă și uluc
b - cu uluc;
c - cu falț;
d - lamelar.

sau 20 × 2,5 cm. Pe contur se prevăd frizuri de 2 m lungime, cu uluc pe laturile lungi permițînd asamblarea cu lamelele de parchet (fig. 22.33, a); rostul dintre pardoseală și pereți se maschează cu pervaz (fig. 22.33, b,c) sau cu plintă (fig. 22.33, d).

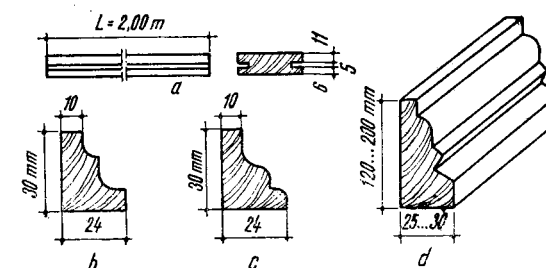


Fig. 22.33. Elemente auxiliare folosite la pardoseli de parchet:

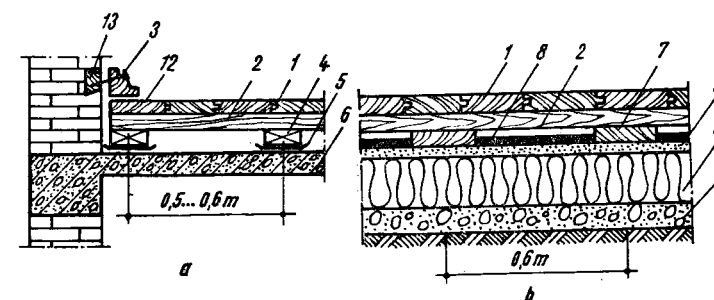
a - friz; b; c - pervaz; d - plintă.

Pardoselile de parchet se folosesc pe suport de beton simplu la parter și pe suport din grinzi metalice, de lemn sau pe planșee de beton armat

(monolit sau din elemente prefabricate) la nivelurile intermediare. După sistemul de montare și după natura legăturii dintre parchet și stratul suport se disting următoarele tipuri de pardoseli: parchet pe dușumea oarbă, parchet în mastic bituminos, panouri din lamele pe dală flotantă.

Pardoselile pe dușumea oarbă se realizează prin fixarea cu cuie a lamelelor de parchet pe dușumea oarbă, de 1,8 sau 2,2 cm grosime și 14...20 cm lățime, montată cu rosturi de 1...1,5 cm. Dușumeaua oarbă reazemă pe grinzișoare de lemn de 8 × 10...6 × 8 cm, amplasate la 0,5...0,6 m distanță sau direct pe placa de beton armat fixată în mastic bituminos. Grinzișoarele se fixează pe planșeul din beton armat în umplutură (fig. 22.34, a), cu mastic bituminos sau cu cuie. La parter, montarea pardoselii se realizează pe strat de beton de egalizare, B 50, de 10 cm grosime turnat după compactarea cu maiul a pămîntului. Cînd dușumeaua oarbă reazemă direct pe placa de beton, în rosturi se toarnă mastic bituminos care umple spațiul dintre dușumeaua oarbă și placa de beton armat și pentru ca parchetul să poată respira se lasă 1 cm din rost neumplut cu mastic. Pentru a asigura izolarea termică și acustică a pardoselii, peste placa de beton se prevede beton de zgură, 6...8 cm grosime sau nisip, 5 cm grosime. În acest caz, pentru montarea dușumelei oarbe este necesară executarea unui strat de egalizare din mortar de ciment-nisip 1 : 4, de grosime 2 cm (fig. 22.34, b). Umiditatea parchetului la montaj se limitează la maximum 12%. La perete se montează frizuri cu înterspațiu de 1...1,5 cm față de perete, pentru a asigura libera deformare a parchetului datorită umidității. Frizurile se fixează cu cuie de 4 cm lungime, bătute la 30 cm distanță, fixate

Fig. 22.34. Pardoseli din parchet pe dușumea oarbă:
a - cu dușumeaua oarbă fixată pe grinzișoare; b - cu dușumeaua oarbă fixată în mastic bituminos; 1 - lamelă de parchet; 2 - dușumea oarbă; 3 - pervaz; 4 - grinzișoare; 5 - strat de carton bitumat; 6 - placă de beton armat; 7 - scinduri pentru fixarea dușumelei oarbe; 8 - mastic bituminos; 9 - mortar de egalizare; 10 - beton de zgură; 11 - beton de egalizare; 12 - friz; 13 - diblu din lemn.



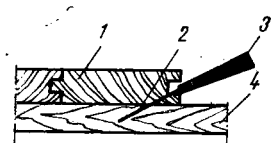


Fig. 22.35. Baterea cuielor cu spițul metalic:
1 - lamelă de parchet; 2 - cui;
3 - spiț; 4 - dușumea oarbă.

ca și parchetul, cu spițul metalic (fig. 22.35). Montarea parchetului se poate face în prelungire sau în frizuri, când lamelele sînt dispuse cap la cap (fig. 22.36, a); în zigzag simplu, lamelele de parchet fiind dispuse la 45° (fig. 22.36, b); la 45° în șah cu bordură tot din lamele (fig. 22.36, c, d); împletit (fig. 22.36, e).

Pentru a se obține planeitatea suprafeței, după montaj, parchetul se curăță cu mașina sau cu țielingul. Parchetul se finisează prin ceruire și lustruire cu ceară de parchet (amestec de parafină cu cerezină tip 15 sau tip 30, dizolvate în spirit). Amestecul se întinde

cald pe parchet cu o cîrpă moale, se lasă 24 ore, după care se dă al doilea strat și se freacă cu pîslă moale pînă se obține lustru. Rostul dintre pardoseală și perete se acoperă cu pervaz sau plintă, similar pardoselilor de dușumele.

Pardoselile de parchet montat în mastic bituminos se realizează din lamele obișnuite sau speciale în coadă de rîndunică, așezate pe mastic bituminos cald, de 1...3 cm grosime și nisip fin de grosime 1,2...1,5 cm (fig. 22.37). Stratul de mastic bituminos se prepară din bitum 30...40%, filer de calcar 40...55% și nisip 15...20%. Aceste pardoseli nu se pot curăța cu benzină, deoarece pătrunde între rosturi și dizolvă bitumul.

Pardoselile din parchet pe dală flotantă se folosesc pentru a mări capacitatea de izolare acustică. Soluția folosește în mod curent pentru stratul de uzură parchetul lamelar care se lipește cu adeziv Moviom, Aracet EC (acetat de polivinil) sau Elastobit (bitum-cauciuc la cald), după amorsarea suprafeței cu Elastosol (bitum-cauciuc și colofoniu în solvenți ca toluen, benzină, white-spirit), pe șapă din beton B 200 de 3,5 cm grosime, cu umiditatea de maximum 3%, reze-

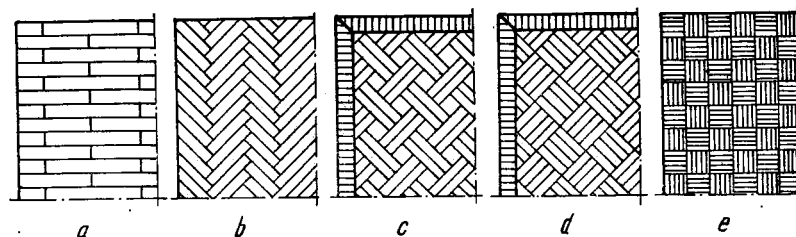


Fig. 22.36. Sisteme de montare a parchetului:
a - în prelungire (în frizuri); b - în zigzag simplu; c - în șah cu bordură din lamele; d - în șah cu bordură din lamele; e - împletit.

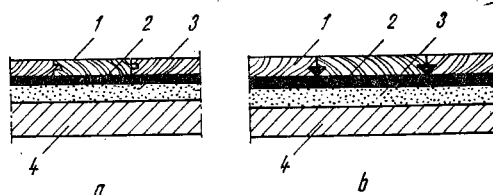


Fig. 22.37. Pardoseli din parchet montat în mastic bituminos:
a - parchet obișnuit; b - parchet în coadă de rîndunică; 1 - lamelă de parchet; 2 - strat de mastic bituminos; 3 - nisip; 4 - planșeu de beton armat.

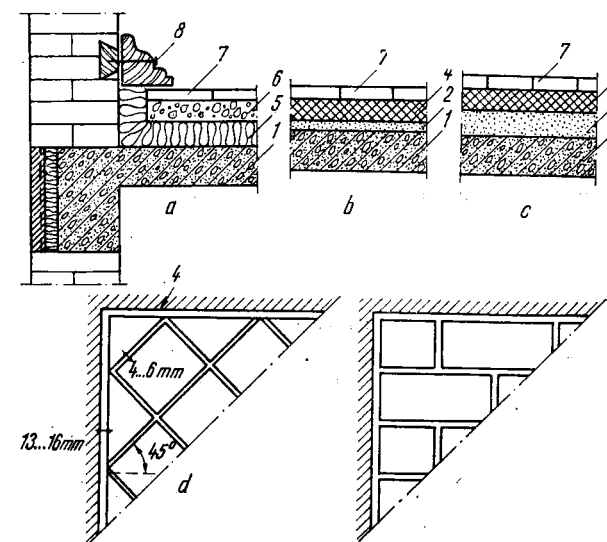


Fig. 22.38. Pardoseli pe dală flotantă:

a - pe dală de beton armat și fonoizolație; b - pe strat suport din PFL; c - pe strat suport din PFL și nisip; d - montarea PFL-ului la 45° pentru parchet lamelar; e - montarea PFL-ului paralel cu laturile încăperii, la parchet cu lambă și uluc; 1 - planșeu; 2 - mortar de ciment; 3 - nisip sau pudră de cauciuc; 4 - PFL dur; 5 - vată minerală, rumbeton sau polistiren expandat; 6 - șapă din beton B 200; 7 - parchet lamelar; 8 - pervaz montat cu cui în diblu de lemn.

mată elastic pe vată minerală, polistiren, plăci de plută, de rumbeton etc. (fig. 22.38, a). Suportul elastic se poate realiza și din plăci PFL de 16 mm grosime, cu umiditate sub 10%, lipite la cald cu bitum pe suport din mortar de ciment, de 1,5 cm grosime, cu dozaj 400 kg ciment la 1 m³ nisip (fig. 22.38, b).

Flotanța suportului pardoselii în acest caz se asigură prin rezemarea sa pe strat de nisip de 1,5 cm grosime, cu granule 0...7 mm sau pe pudră de cauciuc cu grosime 1,5 cm (fig. 22.38, c). Pozarea plăcilor PFL se face la 45° în cazul parchetelor lamelare (fig. 22.38, d) și paralel cu laturile încăperilor la parchetele cu lambă și uluc (fig. 22.38, e).

Stratul de uzură al pardoselilor de lemn se poate realiza și din plăci PFL extradure, obținute din fibre de lemn presate și înleiate cu emulsii de cleiuri rezistente la apă, lipite cu Moviom pe strat de PFL poros sau direct pe șapă de mortar de ciment. Plăcile PFL combinate (duplex), alcătuite din PFL extradur, de 4...5 mm grosime (strat de uzură) și PFL poros de 10 mm (strat suport) pot fi aplicate pe strat de amortizare din nisip, 2...3 cm grosime sau pe pudră de cauciuc.

22.4.8. PARDOSELI DIN MATERIALE BITUMINOASE

Se realizează dintr-un amestec de nisip, pietriș mărgăritar, filer de calcar și var nestins, legate cu bitum B sau C executate monolit sau din dale prefabricate de grosime 2...3 cm, pe strat de egalizare din beton B 200, de 3 cm grosime. Sînt pardoseli elastice, impermeabile, rezistente la uzură, izolante la zgomotul din circulație, izolante termic, nealunecoase, ușor de reparat și întreținut, rezistente la anumiți acizi și baze și permit realizarea de economii de lemn și ciment. Nu rezistă însă la căldură, la acțiunea derivatelor de petrol, a uleiurilor minerale și a solvenților organici ai bitumului, iar la încărcări concentrate prezintă deformări. Se utilizează la săli de sport, ateliere, celule frigorifice, antrepozite etc.

22.4.8.1. Pardoseli din mastic bituminos turnat la cald. La pardoselile din construcțiile acoperite se folosește bitum cu penetrație 4,0...5,0 mm iar la pardoselile neacoperite, bitum cu penetrație 3,0...4,0 mm. La pardoselile rezistente la acizi sau baze, se folosește filer din roci rezistente la acizi, respectiv la substanțe bazice (bazalt, cuarțit, calcar, dolomit etc.). Nisipul

Tabelul 22.1

Materiale	în % din greutatea mixturii		
	cu filer de calcar	cu filer de var stins	cu alte filere
nisip 3 ... 7 mm	15...35	15...35	15...35
nisip 0,1...3 mm	25...52	42...69	Se vor determina în raport cu
filer	25...30	8...12	finețea filerului
bitum	8...11	8...11	8...11

utilizat are granule între 0,1 și 3 mm iar mărgăritarul între 3 și 7 mm. Dozajele materialelor componente ale masticului bituminos sînt prezentate în tabelul 22.1. Suportul stratului de uzură poate fi beton B 50, 8...10 cm grosime, pămînt compactat 12...15 cm grosime, nisip sau pietriș.

Aderența de suport se asigură cu strat de amorsare din bitum filerizat diluat cu volume egale de apă (0,5 kg/m²) sau bitum tăiat cu petrol lampant în proporție de 50...60% bitum, restul petrol (0,250 kg/m² bitum tăiat). Amestecul pentru realizarea stratului suport se prepară la temperatura 170...190°C și se toarnă la temperatura 150°C. După turnarea masticului bituminos, pentru a se obține o suprafață aspră se presară uniform 2...3 kg/m² nisip grăunțos cu granulația 1...2 mm. La încăperi umede, pentru dirijarea apelor spre gurile de scurgere, pardoselile se proiectează cu pante de 2%. Racordarea dintre pardoseala de mastic bituminos și perete se realizează cu pervaz de lemn (fig. 22.39, a), plintă metalică (fig. 22.39, b) sau scafă ceramică (fig. 22.39, c). Întreținerea pardoselilor se realizează prin spălare cu apă; spălarea cu petrol și reziduuri petroliere este contraindicată.

22.4.8.2. Pardoseli din mastic bituminos turnat la rece. Se folosește ca material de amorsare și liant suspensia de bitum filerizat (subif). La amorsare se utilizează în proporție de 1:1 (suspensie : apă), în volume, iar ca liant suspensie diluată în proporție 2...3 părți subif la o parte apă. Agregatele folosite au granulozitatea continuă (0...7 mm) sau discontinuă, sub formă de amestec de nisip cu granulație 0,2...1 mm și mărgăritar cu granulație 3...5 mm.

Amestecul de liant și agregat se realizează din 14...17,5% subif, 70...74,5% agregat și restul apă. Se poate folosi și piatră de mozaic, în care caz dozarea se face după rețeta: 14% subif, 80...82% piatră de mozaic și restul apă. Pardoselile cu agregat din piatră de mozaic se freacă ca și pardoselile de mozaic.

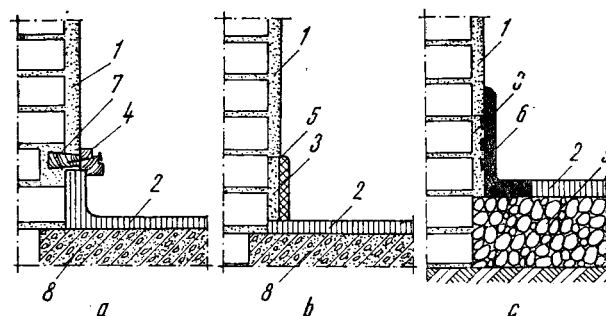
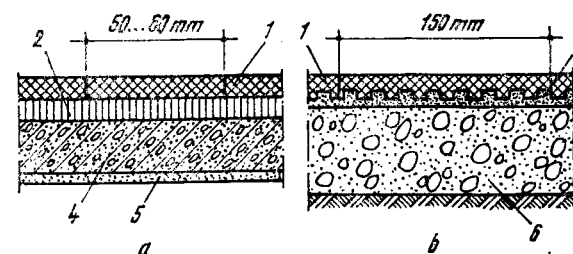


Fig. 22.39. Racordarea dintre pardoseala de mastic bituminos și perete:

a - cu pervaz de lemn; b - cu plintă metalică; c - cu scafă ceramică; 1 - tencuială; 2 - mastic bituminos; 3 - mortar de ciment; 4 - pervaz de lemn; 5 - plintă metalică; 6 - scafă ceramică; 7 - diblu din lemn; 8 - placă de beton armat; 9 - strat de pietriș și argilă.

Fig. 22.40. Pardoseli din plăci de mastic bituminos; a - la niveluri intermediare; b - la parter; 1 - plăci din mastic bituminos; 2 - strat de poză din mastic bituminos; 3 - strat de poză din mortar de ciment; 4 - planșeu din beton armat; 5 - tencuială; 6 - strat suport din beton B 50.



22.4.8.3. Pardoseli din dale de mastic bituminos. Se realizează ca și pardoselile de mastic bituminos turnat, dintr-un amestec de 6...8% bitum, 10...25% filer (praf de calcar) și restul nisip cuarțos cu granule de 3...5 mm, turnat în forme și supus la presiunea de 200...600 daN/cm². Dalele au dimensiunile de 5 × 7... 50 × 50 cm și grosimea de 3...30 mm. Se pot folosi și plăci de mastic bituminos colorat, preparate din amestec de colofoniu 10%, filer din praf de mozaic de marmură 80%, coloranți minerali 10%. Pentru a mări aderența la stratul suport, plăcile se fac cu striuri la partea inferioară.

Pardoselile din dale de mastic bituminos pot rezema pe planșee rigide de beton armat la nivelurile intermediare (fig. 22.40, a) sau pe strat de egalizare de beton (fig. 22.40, b). Montarea dalelor se face cu mortar de ciment, var cu ciment, mastic de bitum preparat la cald sau la rece. Dalele se completează la rosturi cu mortar de ciment sau mastic de bitum.

Pardoselile din dale de mastic bituminos se utilizează la încăperi social-culturale, magazine, spații de depozitare, ateliere etc.

22.4.9. PARDOSELI DIN MATERIALE SPECIALE

22.4.9.1. Pardoseli din xilolit. Sînt alcătuite din mortar de ciment magnezian și agregate organice sau anorganice (rumeguș de lemn, azbest, talc, pămînt de diatomit) și culori minerale. Pardoselile de xilolit se pot realiza fără rosturi (turnate monolit) sau cu rosturi (din plăci prefabricate).

Pardoselile fără rosturi se realizează în două straturi, fiecare avînd grosimea de 8...20 mm. Stratul de bază este mai poros fiind izolant termic și acustic iar stratul de uzură este mai compact și mai rezistent la acțiunile mecanice. Stratul inferior se realizează din amestec de magnezită 1 p, rumeguș de lemn 4 p, soluție de clorură de magneziu în cantitate necesară pentru a obține o pastă moale, talc, praf de piatră și acizi minerali. Stratul de uzură se execută cu următorul dozaj la un amestec: rumeguș trecut prin sita de 1,5 mm 0,60 m³, praf de lemn 0,30 m³, magnezită 0,52 m³, soluție de clorură de magneziu 0,75 m³, talc 0,09 m³, coloranți minerali 50 kg. Amestecul se dispune pe suport rigid de beton simplu sau beton armat, la temperatura de cel puțin +10°C. Stratul superior se toarnă la 2 zile de la executarea stratului inferior. După întărirea stratului de uzură, suprafața pardoselii se șlefuieste cu țiclingul și cu piatră de polizat, folosind soluție de clorură de magneziu în loc de apă. Rostul dintre pardoseală și perete, în grosime de 5 mm, se acoperă cu pervaz de lemn fixat cu cuie în dibluri de lemn (fig. 22.41). După 25...30 zile, suprafața se tratează cu ulei de înfiert, se freacă cu ceară sau cu amestec de ceară, parafină și terebentină.

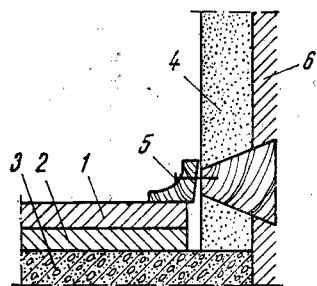


Fig. 22.41. Racordarea dintre pardoseala de xilolit și perete cu pervaz din lemn:

1 - strat de uzură din xilolit;
2 - strat de bază din xilolit; 3 - strat suport din beton; 4 - tencuială;
5 - pervaz; 6 - perete.

Pardoselile de xilolit din plăci prefabricate de $20 \times 20 \dots 100 \times 100$ cm realizate prin presare și tratament termic se fixează pe strat suport de beton simplu, beton armat sau pe strat de oxid de magneziu și soluție de clorură de magneziu.

22.4.9.2. **Pardoseli de linoleum.** Se realizează din foi livrate în suluri, având dimensiunile $0,60 \dots 3,50$ m lățime, $20 \dots 30$ m lungime și $2 \dots 10$ mm grosime, obținute din amestec omogen de făină de lemn, praf de plută și linoxină (ulei de in fiert cu adaos de materii sicative oxidate după procedee speciale), presat pe țesătură de iută, între doi cilindri încălziți; poate fi colorat brun, verde, albastru, cenușiu, unicolor sau în mai multe nuanțe (granitat, jaspăt marmorat, încrustat) sau cu desene. Partea inferioară a linoleumului se vopsește cu miniu de plumb.

Pardoselile din linoleum sînt calde, nu rețin praf, sînt igienice, izolante termic și acustic, estetice, ușor de întreținut. Sînt indicate în spitale, case de locuit, localuri publice. Linoleumul se fixează pe strat suport de beton sau lemn pregătit special prin executarea unui strat de ipsos, $1 \dots 2$ cm grosime, așezat pe strat subțire de bitum ($2 \dots 3$ mm), nisip ($1,5 \dots 2$ cm) sau carton bitumat (fig. 22.42. a, b). Linoleumul se poate aplica direct și pe strat de asfalt de $1,5 \dots 2$ cm grosime (fig. 22.42, c). La încăperi uscate se recomandă strat suport de ipsos iar la încăperi umede, mastic bituminos. La suport de lemn (fig. 22.42, d), suprafața pardoselii vechi se spacluiește cu ipsos, se montează cu clei de secară un strat de pîslă (filț) de 3 mm grosime iar fișile de linoleum se lipesc perpendicular pe fișile de pîslă cu clei de copal dizolvat în alcool sau clei de cazeină (în mediu uscat). La încăperi umede, lipirea linoleumului se realizează cu mastic bituminos. Rostul dintre pardoseală și perete se acoperă cu pervaz sau plintă de lemn. Întreținerea pardoselii se asigură prin spălare cu apă și săpun, ștergere cu stofă uscată, ceruire și lustruire.

22.4.9.3. **Pardoseli de cauciuc.** Se prezintă sub formă de covoare (relin) avînd lățimea 1,0; 1,20; 1,50 sau 1,80 m, lungimea $15 \dots 20$ m și grosimea 3; 4 sau 6 mm, într-unul sau în două straturi. Se pot folosi la birouri, locuințe, vestibule, săli de spectacole, scări. Suprafața pardoselilor poate fi netedă sau cu desene în relief, unicoloră sau colorată diferit sau cu modele.

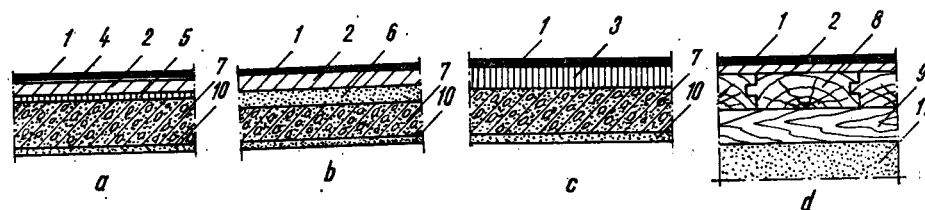


Fig. 22.42. Pardoseli de linoleum:

a - pe strat suport de ipsos și bitum; b - pe strat suport de ipsos și nisip; c - pe strat suport din mastic bituminos; d - pe strat suport din lemn; 1 - strat de uzură din linoleum; 2 - strat suport din ipsos; 3 - mastic bituminos; 4 - spacluială; 5 - strat de bitum; 6 - nisip; 7 - planșeu de beton armat; 8 - dușumea din lemn; 9 - grinzi din lemn; 10 - tencuială; 11 - strat de umplutură.

Se obțin pardoseli igienice, elastice, durabile, ușor de întreținut, estetice. La încăperi cu cerințe de izolare termică și acustică se poate folosi cauciuc spongios sau polimer spongios ca substrat, stratul de uzură fiind compactat pentru a rezista la circulație.

Se utilizează la încăperi pentru creșe sau cămine de copii, cinematografe, teatre, spitale, săli de baie etc. Covoarele din cauciuc se aplică pe suport plan și uscat prin lipire cu soluție de cauciuc $8 \dots 10\%$ dizolvat în benzină, cu cleiuri de cazeină, rășină sau polimeri sau cu emulsii de bitum și cauciuc. Foile de cauciuc se pot vulcaniza la rosturi, obținîndu-se pardoseli continue. Întreținerea pardoselii se face prin spălare cu apă și săpun.

22.4.10. PARDOSELI DIN MATERIALE PLASTICE ȘI DIN MOCHETE

În cadrul extinderii folosirii materialelor moderne de construcții, se prevede, în perspectivă, ca 50% din pardoselile clădirilor de locuit și social-culturale să se realizeze din materiale pe bază de polimeri, sub formă de:

- *dale PVC* pe bază de policlorură de vinil, presate, imprimate sau neimprimate, cu dimensiunile $25 \times 25 \times 2,5$ mm și calandrate cu dimensiunile $25 \times 25 \times 1,5 \dots 1,56$ mm (tip *Renolit*), montate cu rosturi continue sau decalate;

- *covoare PVC*, cu suport textil, avînd lățime $100 \dots 120$ cm și grosime $2 \dots 3$ mm, care asigură izolarea acustică, fiind indicate la încăperi de locuit și fără suport textil, grosime $1,56$ mm (*Renolit*), indicate la băi, bucătării și în general la încăperi fără cerințe de izolare fonică;

- *masă de spaclu*, pe bază de acetat de polivinil, în grosime de 3 mm, rigidă sau elastică, sub formă de pardoseală continuă, fără rosturi, utilizată la școli și saloane de spital;

- *plăci din spumă de poliuretan* sau *spumă de polistiren*;

- *covoare de lignolit* preparat din făină de lemn, cauciuc, caolin, plastifiant și coloranți.

Aplicarea pardoselilor din materiale plastice se face pe suport rigid din șapă de mortar de ciment M 100, tratat la partea superioară cu tinci de ciment preparat cu nisip de granulație $0 \dots 1$ mm, avînd umiditatea sub 7% (sub $2,5\%$ în cazul utilizării adezivilor organici). Se folosesc adezivi: *Aracet EC* (suspensie apoasă pe bază de acetat de polivinil), *Prenadez SB*, *Elastosol LBC 15-16* pe bază de bitum cu punct de înmuiere $80 \dots 85^\circ\text{C}$, soluție de cauciuc *L-1 200 G* sau adezivi pe bază de copolimeri (policlorură de vinil și acetat de polivinil), de exemplu, *Rovinil*, *Roviflex*. Dalele și covoarele PVC se aplică prin

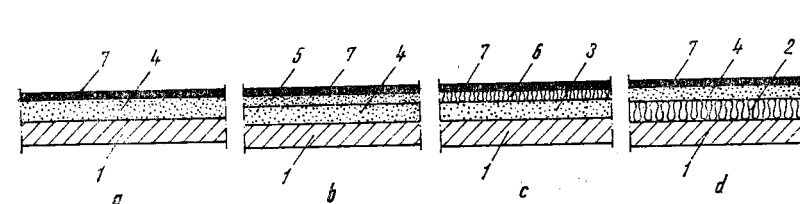


Fig. 22.43. Pardoseli din polimeri sintetici:

a - neizolate acustic; b) c) d) - izolate acustic; 1 - planșeu din beton armat; 2 - pudră de cauciuc neaglomerată; 3 - strat de nisip; 4 - strat suport din mortar de ciment M 100; 5 - pudră de cauciuc aglomerată cu Aracet; 6 - PFL poros; 7 - strat de uzură din polimeri sintetici lipit cu adezivi.

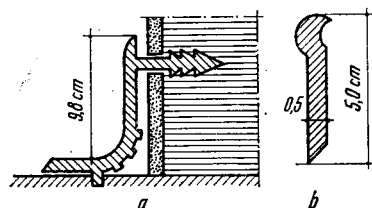


Fig. 22.44. Scafe și plinte din materiale plastice:
a - scafă; b - plintă.

materiale plastice se face direct pe șapa din mortar. Pentru a se asigura izolarea acustică, se poate folosi strat suport din pudră de cauciuc aglomerată cu Aracet, de 1,5 cm grosime sau strat suport pe dală flotantă realizat din șapă B 200, 3,5 cm grosime sau PFL poros de 12,5 mm grosime și substrat din vată minerală, nisip de 1,5 cm grosime (cu granulația 0...7 mm) sau pudră de cauciuc (cu granulația 0...5 mm) neaglomerată, de 1,5 cm grosime. La rosturile dintre pardoseală și perete se aplică scafe și plinte din materiale plastice (fig. 22.44).

22.5. DIMENSIONAREA FUNCȚIONALĂ A PARDOSELILOR

22.5.1. CARACTERISTICILE TERMICE ALE PARDOSELILOR

Soluționarea judicioasă a pardoselilor din punct de vedere termic este o cerință importantă, având în vedere faptul că omul prin intermediul încălțăminteii vine în contact direct cu aceste elemente de construcție. La diferențe mici de temperatură dintre corpul omenesc și pardoseală, asigurarea confortului termic este condiționată de schimburile de căldură care se fac prin conducție, iar la diferențe mai mari de temperatură intervin și fenomene de radiație și convecție [46]. Având în vedere aceste considerații, se abordează soluționarea termică a pardoselii pe calea stabilirii diferenței de temperatură maximă admisibilă dintre aerul din încăpere și suprafața elementului de construcție, recomandându-se pentru clădiri de locuit și social-culturale, valoarea $\Delta\theta_i = \theta_i - \theta_{si} = +2,5^\circ\text{C}$. Rezistența termică necesară, în $\text{m}^2\text{ }^\circ\text{C/W}$, pentru a asigura $\Delta\theta_i < 2,5^\circ\text{C}$ rezultă:

$$R_{o\text{ nec}} = \frac{\theta_i - \theta_e}{\theta_i - \theta_{si}} R_i = \frac{20 + 15}{2,5} \times 0,172 = 2,4. \quad (22.1)$$

Aplicarea acestei condiții determină costuri mari în ceea ce privește izolația termică necesară astfel încât STAS 6472-74 prevede prescripții mai puțin severe:

- la clădiri de locuit și social-culturale $\Delta\theta_i < 4^\circ\text{C}$;
- la clădiri industriale de producție $\Delta\theta_i < 7^\circ\text{C}$.

Considerând temperatura curentă a aerului interior la valoarea $\theta_i = +20^\circ\text{C}$, rezultă că temperatura necesară pentru suprafața pardoselii este $\theta_{si} > 16^\circ\text{C}$. La stabilirea acestor recomandări se are în vedere faptul că senzația de confort este influențată și de alți factori în afara temperaturii suprafeței pardoselii

și anume: temperatura și viteza aerului interior, durata de staționare, natura materialelor pardoselilor, caracteristicile încălțăminteii și condițiile subiective ale omului.

Valorile normate ale rezistențelor termice $R_{o\text{ nec}}$, în $\text{m}^2\text{ }^\circ\text{C/W}$, ale ansamblului planșeu-pardoseală, în funcție de poziția elementului în construcție sînt următoarele:

— planșee intermediare la locuințe	0,65 $\text{m}^2\text{ }^\circ\text{C/W}$;
— planșee peste subsoluri	0,95 $\text{m}^2\text{ }^\circ\text{C/W}$;
— planșee peste pasaje deschise	1,75...2,35 $\text{m}^2\text{ }^\circ\text{C/W}$;
— planșee la terase circulabile	0,75 $\text{m}^2\text{ }^\circ\text{C/W}$.

Caracterizarea materialelor pardoselilor din punctul de vedere al confortului termic se poate obține prin considerarea coeficientului de asimilare termică S_{24} și a coeficientului de pătrundere a căldurii, b , în $\text{W h}^{1/2}/\text{m}^2\text{ }^\circ\text{C}$:

$$S_{24} = 0,59/\sqrt{\lambda C \rho}, \quad (22.2)$$

$$b = \sqrt{\lambda C \rho}. \quad (22.3)$$

În funcție de valorile coeficientului, b , pardoselile se clasifică astfel:

— pardoseli foarte calde	$b < 5,9 \text{ W h}^{1/2}/\text{m}^2\text{ }^\circ\text{C}$;
— pardoseli calde	$b = 6,0...11,5 \text{ W h}^{1/2}/\text{m}^2\text{ }^\circ\text{C}$;
— pardoseli călduroase	$b = 11,6...17,4 \text{ W h}^{1/2}/\text{m}^2\text{ }^\circ\text{C}$;
— pardoseli răcoroase	$b = 17,5...23,2 \text{ W h}^{1/2}/\text{m}^2\text{ }^\circ\text{C}$;
— pardoseli reci	$b > 23,3 \text{ W h}^{1/2}/\text{m}^2\text{ }^\circ\text{C}$.

Luind în considerare că temperatura suprafeței de contact dintre corpul omenesc și pardoseală depinde de temperaturile elementelor în contact θ_1, θ_2 și de coeficienții de asimilare termică S_1 și S_2 ai celor două corpuri, valoarea temperaturii de contact, θ_c , rezultă din egalitatea fluxurilor de căldură:

$$(\theta_1 - \theta_c) \sqrt{\lambda_1 C_1 \rho_1} = (\theta_c - \theta_2) \sqrt{\lambda_2 C_2 \rho_2}, \quad (22.4)$$

de unde:

$$\theta_c = \frac{\theta_1 b_1 + \theta_2 b_2}{b_1 + b_2}; \quad (22.5)$$

sau:

$$\theta_c = \frac{\theta_1 S_1 + \theta_2 S_2}{S_1 + S_2}. \quad (22.6)$$

În funcție de valorile coeficienților de asimilare termică ai corpului omenesc ($S_1 = 9,3 \text{ W/m}^2\text{ }^\circ\text{C}$), ai diferitelor materiale ($S_2 = 2,8...17,8 \text{ W/m}^2\text{ }^\circ\text{C}$) și de temperatura suprafeței pardoselilor, valorile θ_c pot fi cuprinse între 22 și 28°C, valoarea cea mai mare fiind cea mai favorabilă.

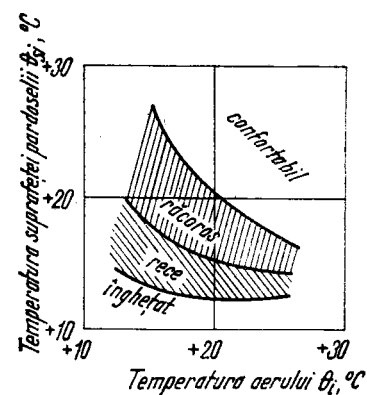


Fig. 22.45. Relația dintre temperatura pardoselii, temperatura aerului și senzația de confort termic.

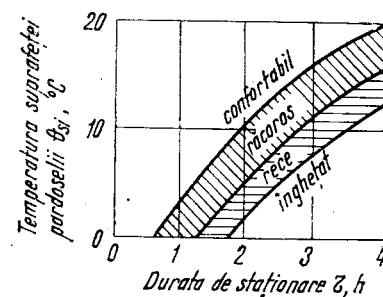


Fig. 22.46. Senzația de confort în funcție de temperatura suprafeței pardoselii și durata de staționare.

Pe baza cercetărilor efectuate de W. Frank, se prezintă în figura 22.45 clasificarea senzației termice în : confortabil, răcoros, rece și înghețat, în funcție de temperatura aerului și de temperatura suprafețelor pardoselii, iar în figura 22.46, în raport cu durata de staționare. Luînd în considerare factorii care influențează confortul termic în încăperile de producție, cu staționarea oamenilor, se prevăd structuri locale izolate termic, pentru locurile fixe, iar pentru zonele de circulație, structuri care să permită întreținerea ușoară a pardoselilor.

22.5.2. IZOLAREA ACUSTICĂ LA ZGOMOTUL DE IMPACT A PLANȘEI ȘI PARDOSELII. PARDOSELI PE DALĂ FLOTANTĂ

La zgomotul din impact, vibrația planșei poate fi asimilată cu un model mecanic oscilant alcătuit dintr-o masă m , un resort și o rezistență viscoasă (v. cap. 6). Nivelul de atenuare acustică la zgomotul din impact se obține cu relația (6.107).

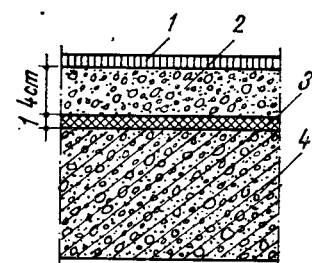


Fig. 22.47. Alcătuirea generală a dalei flotante:
1 - pardoseală dură sau elastică;
2 - dală rigidă din beton slab armat; 3 - strat elastic; 4 - planșeu de rezistență.

Aportul pardoselii la creșterea atenuării acustice la zgomotul de impact al planșei depinde de rigiditatea materialului și de capacitatea sa de amortizare locală a oscilațiilor sonore din șoc. În cazul pardoselilor moi, îmbunătățirea izolării acustice se manifestă pentru valorile de frecvențe, f , mai mari decât frecvența de rezonanță, f_{rez} , a pardoselii, avînd o creștere cu frecvența de 12 dB/octavă, în baza relației (6.108). Prezintă interes practic pardoselile din materiale moi, cauciuc moale, cele din materiale plastice nerigide, pardoselile flotante alcătuite dintr-un strat rigid realizat dintr-o dală de beton slab armat, de 3...5 cm grosime, care reazemă pe plan-

șeu prin intermediul unui strat elastic, moale de 0,5...2 cm grosime (fig. 22.47). Dala împreună cu stratul elastic formează un sistem oscilant, avînd o anumită frecvență proprie, f_{rez} la care capacitatea de izolare este minimă. Modelul mecanic al sistemului oscilant dală-planșeu este prezentat în figura 22.48; notînd cu u_1 deplasarea pe verticală a masei m_1 a dalei cu rigiditatea la încovoiere B_1 și cu u_2 deplasarea pe verticală a masei m_2 a planșei, cu rigiditatea la încovoiere B_2 , mișcarea sistemului oscilant este dată de relațiile :

$$B_1 \nabla^4 u_1 + m_1 \frac{\partial^2 u_1}{\partial t^2} + K(u_1 + u_2) = F; \quad (22.7)$$

$$B_2 \nabla^4 u_2 + m_2 \frac{\partial^2 u_2}{\partial t^2} - K(u_1 - u_2) = 0, \quad (22.8)$$

în care :

$$\nabla^4 u = \frac{\partial^4 u}{\partial x^4} + 2 \frac{\partial^4 u}{\partial x^2 \partial y^2} + \frac{\partial^4 u}{\partial y^4}. \quad (22.9)$$

Rezolvînd sistemul de ecuații (22.7) și (22.8), aportul de izolare acustică ΔL_p , realizat de pardoseală este dat de relația :

$$\Delta L_p = 10 \lg \left\{ \left(\frac{\lambda + 1}{\lambda} \right)^2 + \alpha^2 (1 - \beta \lambda) \left[\alpha^2 (1 - \beta \lambda) - 2 \frac{\lambda - 1}{\lambda} \right] \right\}, \quad (22.10)$$

în care :

$$\lambda = \frac{m_2}{m_1}; \alpha = \frac{f}{f_{rez}}; \beta = \frac{B_1}{B_2};$$

Tabelul 22.2

Materialul	Grosimea, h , cm	Modulul de elasticitate, E , N/cm ²	Rigiditatea totală, S , N/cm ²
Volum de aer în strat	0,5	11,3	22,6
	1,0	11,3	11,3
	1,5	11,3	7,5
Saltele din fibre de sticlă	2,0	11,3	5,7
	1,5	—	9,0
Granule de plută	1,0	50,0	61,0
	0,8	—	139,0
	0,6	—	179,0
Pisă	0,6	26,0	62,0
Plăci din fibre de sticlă	1,0	9,0	20,0
Plăci de vată minerală	0,9	8,0	20,0
Spumă de rășini sintetice	1,0	50,0	61,0
Carton bitumat	0,5	55,0	133,0
Plăci ușoare de lemn	2,5	17,0	680,0

Tabelul 22.3

Tipul de pardoseală	Aportul pardoselii la izolarea fonică, ΔL_p , dB
Parchet de stejar de 10 mm grosime lipit cu aracet pe planșeu nivelat	+ 5
Idem, pe PFL poros de 25 mm grosime	+ 11
Parchet obișnuit fixat în cuie pe plăci din fibrobeton de 35 mm grosime și strat de nisip de 30 mm grosime	+ 9
Parchet de 10 mm pe dală de beton de 35 mm, carton bitumat și pudră de cauciuc	+ 18
Covor PVC de 25 mm, pe dală de beton de 35 mm, carton bitumat și polistiren ecruisat de 10 mm grosime	+ 20

Pentru cazul când $B_1 = 0$, de exemplu, la planșeu din fișii prefabricate, expresia ΔL_p devine :

$$\Delta L_p = 10 \lg \left[\left(\frac{\lambda + 1}{\lambda} \right)^2 + \alpha^2 \left(\alpha^2 - 2 \frac{\lambda - 1}{\lambda} \right) \right]. \quad (22.13)$$

Pentru frecvențe mari ce interesează practic, relația (22.13) se poate simplifica astfel :

$$\Delta L_p = 10 \lg \left(\frac{f}{f_{rez}} \right)^4 = 40 \lg \frac{f}{f_{rez}}. \quad (22.14)$$

Considerind masa dalei și pardoselii m_1 , în daN/m^2 , relația (22.11) devine :

$$f_{rez} = 500 \sqrt{\frac{s}{m_1}}. \quad (22.15)$$

Aportul pardoselilor la îmbunătățirea izolării fonice a ansamblului planșeu-pardoseală este prezentat în tabelul 22.3. Pentru evitarea punților acustice, racordarea dalei flotante cu pereții se realizează prin prevederea unui spațiu liber sau umplut cu materiale elastice (fig. 22.49).

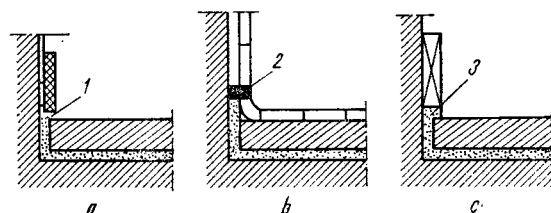


Fig. 22.49. Racordarea dalei flotante cu pereții :

— cu plintă distanțată față de pardoseală; b — cu mastic elastic; c — cu material elastic; 1 — gol de aer; 2 — mastic elastic; 3 — material elastic.

f este frecvența curentă în domeniul de frecvențe 100...3 200 Hz.

Frecvența proprie a dalei, f_{rez} , de masă m_1 , se poate calcula cu relația :

$$f_{rez} = \frac{1}{2\pi} \sqrt{\frac{K}{m_1}} = \frac{1}{2\pi} \sqrt{\frac{s}{m_1}}, \quad (22.11)$$

în care s este coeficientul de rigiditate dinamică al dalei, în daN/cm^2 , cu valorile prezentate în tabelul 22.2, pentru materiale uzuale, calculate cu relația :

$$s = \frac{E_d}{h}, \quad (22.12)$$

unde : E_d , în daN/cm^2 , reprezintă modulul de elasticitate dinamică al materialului de grosime h , în cm.

Determinarea gradului de izolare acustică la zgomotul de impact se face și pe cale experimentală, folosindu-se excitarea sonoră a planșeului cu ciocanul standard internațional, în condițiile planșeului cu și fără pardoseală, determinându-se aportul acesteia asupra capacității de izolare a ansamblului planșeu-pardoseală.

Capitolul 23

FERESTRE ȘI UȘI. ILUMINATUL NATURAL ȘI ÎNSORIREA

23.1. ILUMINATUL NATURAL ȘI ÎNSORIREA

23.1.1. GENERALITĂȚI

Clădirile și construcțiile primesc energie radiantă de la soare și de la bolta cerească sub formă de radiație directă și difuză (fig. 23.1.). Spectrul energiei radiante a soarelui cuprinde radiații cu lungimi de undă foarte mici (raze X, γ , cosmice, ultraviolete), radiații vizibile cu lungimea de undă cuprinsă între 0,380 și 0,770 μ și radiații cu lungimi mari de undă (infraroșii, unde radio, hertziene, fig. 23.2). Radiația emisă de soare străbate atmosfera și este parțial absorbită și difuzată de moleculele de ozon, de oxigen sau de vaporii de apă.

Energia ce însoțește radiația solară și ajunge la sol, producând lumină și căldură este :

- 2% radiație cu $\lambda < 400 \text{ m}\mu$ (ultravioletă);
- 40% radiație cu $\lambda = 400 \dots 760 \text{ m}\mu$ (vizibilă);
- 50% radiație cu $\lambda > 760 \text{ m}\mu$ (infraroșie).

Radiația difuză provine de la bolta cerească, de la nori, de la sol, de la construcții, de la gazele și praful din atmosferă.

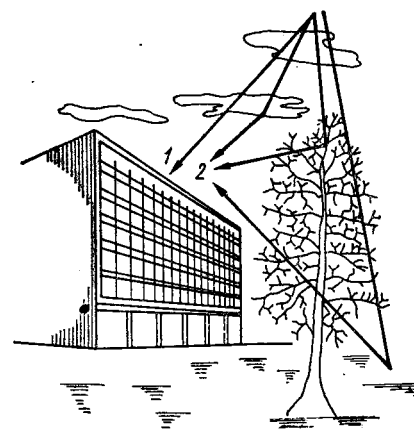
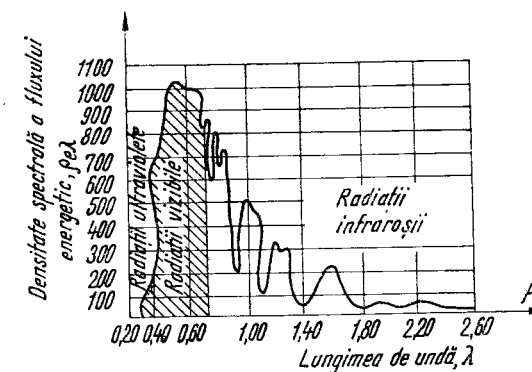
Fig. 23.1. Radiația solară :
1 — directă; 2 — difuză.

Fig. 23.2. Variația energiei transportată de radiații în funcție de lungimea de undă.

23.1.2. ILUMINATUL NATURAL

23.1.2.1. Elemente specifice iluminatului natural. Radiațiile vizibile constituie o parte din spectrul energiei radiante a soarelui și au proprietatea de a impresiona simțul văzului. Perceperea luminii exterioare în modul în care se cunoaște nu ar fi posibilă fără lumină. Asigurarea cantității optime de radiații vizibile, în funcție de destinația clădirii și natura activității constituie problema fundamentală a iluminatului natural al clădirilor. Iluminarea naturală a clădirilor este în strinsă corelație cu : amplasarea, orientarea și însorirea construcțiilor, sistemele de iluminat natural folosite (ferestre, luminatoare), sistemele de protecție împotriva excesului de radiație solară, natura finisajelor exterioare și interioare, proprietățile materialelor de construcții [44].

23.1.2.2. Mărimi referitoare la iluminatul natural. Fluxul radiant reprezintă energia radiată în unitatea de timp, unitatea de măsură fiind erg/s, watt sau kcal/h. Pentru studierea mărimilor caracteristice ale radiației luminoase, este necesar să se cunoască senzația luminoasă produsă de energia radiantă. În acest scop s-a introdus noțiunea de *flux luminos*, măsurat în lumeni.

Iluminarea E este densitatea superficială a fluxului luminos Φ , care cade pe o suprafață *A*, avind valoarea medie :

$$E = \frac{\Phi}{A} \quad (23.1)$$

și se exprimă în lux (lx) sau lumen/m².

Valorile iluminării exterioare *E_e*, pentru diverse surse de lumină sînt :

- iluminarea pe plan orizontal, produsă de soare, vara la prînz : 100 000 lx ;
- iluminarea naturală pe lună plină : 0,2 lx ;
- iluminarea dată de o luminare pe un ecran normal pe direcția razelor,

situat la distanța de 1 m : 1 lx.

Luxul, unitatea de măsură a iluminării, reprezintă iluminarea unei suprafețe care primește un flux luminos de 1 lumen, uniform repartizat pe 1 m².

Lumenul definește mărimea fluxului luminos pe care-l emană un corp absolut negru la temperatura de solidificare a platinei, de pe o suprafață de $5 \times 305 \times 10^{-10}$ m².

Uniformitatea iluminatului natural este raportul dintre valorile minimă și maximă ale coeficientului de iluminare naturală în limitele zonei de lucru, exprimată astfel :

$$e_{med} = \frac{E_{min}}{E_{max}} 100. \quad (23.2)$$

22.1.2.3. Caracteristicile luminotehnice ale materialelor de construcție. Materialele utilizate la realizarea construcțiilor se caracterizează prin :

- capacitate diferită de reflexie, absorbție și refracție a fluxului luminos ;
- capacitate de a modifica componenta spectrală a luminii atît la trecerea cît și la reflectarea fluxului luminos ;
- capacitate de a repartiza în încăperi fluxurile luminoase transmise sau reflectate.

În legătură cu aceste proprietăți se definește :

— *coeficientul de reflexie*, ρ , ca raportul dintre mărimea fluxului luminos reflectat, Φ_r și cel incident Φ :

$$\rho = \frac{\Phi_r}{\Phi}; \quad (23.3)$$

— *coeficientul de absorbție*, α , ca raportul dintre mărimea fluxului luminos absorbit Φ_a și cel incident Φ :

$$\alpha = \frac{\Phi_a}{\Phi}; \quad (23.4)$$

Tabelul 23.1

Nr. crt.	Materialul sau suprafața	Coeficient de reflexie, ρ
1	Zugrăveală albă(nouă)	0,80
2	Zugrăveală albă(veche)	0,75
3	Zugrăveală cenușie	0,25
4	Zugrăveală crem	0,70
5	Zugrăveală verde deschis	0,57
6	Zugrăveală verde închis	0,20
7	Zugrăveală albastră deschis	0,45
8	Zugrăveală roz	0,42
9	Zugrăveală roșie	0,16
10	Zugrăveală brună	0,16
11	Vopsitorie lac alb, lucios	0,72...0,80
12	Vopsitorie lac de aluminiu	0,54
13	Plăci marmură albă, cu luciu	0,30...0,80
14	Plăci de marmură mată	0,50...0,70
15	Sticlă de geam transparent	0,10
16	Sticlă de geam mățuită cu nisip	0,11...0,18
17	Sticlă opacă	0,15...0,28
18	Sticlă stratificată pentru difuzie	0,30...0,60
19	Plăci de oțel	0,28
20	Hîrtie de desen albă	0,80...0,85
21	Hîrtie galbenă, verde sau albastru deschis	0,60...0,70
22	Hîrtie de culoare albastru mediu	0,35...0,45
23	Hîrtie albastru închis	0,05...0,10
24	Hîrtie cenușiu închis	0,01...0,05
25	Hîrtie neagră	0,03
26	Ecran de pinză albă	0,70...0,80
27	Tencuială de ipsos	0,40...0,45
28	Tencuială obișnuită	0,25
29	Țiglă nouă	0,25...0,35
30	Țiglă veche	0,05...0,10
31	Lemn de arțar	0,40...0,50
32	Lemn de stejar	0,30...0,50
33	Lemn de nuc	0,10...0,20
34	Lemn băituit	0,10...0,30
35	Granit	0,44
36	Nisip obișnuit	0,24
37	Pămînt obișnuit	0,08...0,20
38	Pomi înverziți	0,03...0,05
39	Suprafețe verzi în natură	0,05...0,10
40	Strat de nori	0,80
41	Zăpadă curată	0,80
42	Ștofă neagră	0,001...0,002
43	Catifea neagră	0,002...0,008
44	Îmbrăcăminte de culoare deschisă	0,17

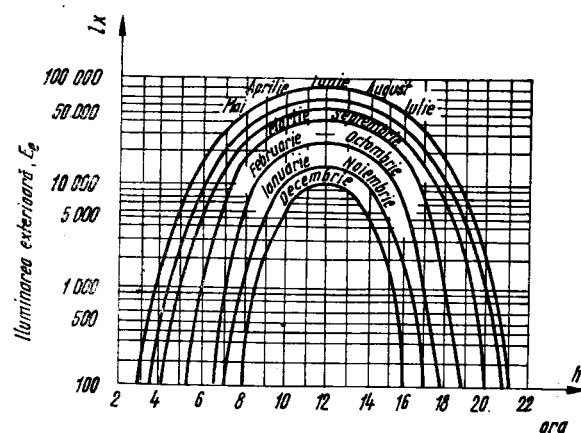


Fig. 23.3. Variația iluminării naturale în funcție de anotimp, lună și oră.

- pentru materiale transparente $\rho + \alpha + \tau = 1$; (23.7)
- pentru materiale netransparente $\rho + \alpha = 1$; (23.8)
- pentru un corp absolut negru $\alpha = 1$. (23.9)

În tabelul 23.1 sînt prezentate valorile coeficientului de reflexie ρ , conform STAS 6 221-67, pentru diverse materiale de construcție sau suprafețe.

23.1.2.4. Factorii care contribuie la realizarea iluminatului natural.

23.1.2.4.1. *Iluminarea exterioară.* Iluminarea naturală variază în funcție de anotimp și de ora din zi (fig. 23.3). Iluminarea exterioară este maximă în lunile aprilie, iunie și august și minimă în luna decembrie. La calculul iluminării s-a convenit să se considere iluminarea exterioară minimă de 3 000 lx, corespunzătoare condițiilor medii de iarnă.

23.1.2.4.2. *Orientarea ferestrelor sau luminatoarelor în raport cu punctele cardinale.* Iluminarea naturală a clădirilor și construcțiilor se asigură prin ferestre și luminatoare amplasate în pereți și acoperișuri și depinde de anotimp, ora din zi, orientarea față de punctele cardinale, mărimea și caracteristicile constructive ale ferestrelor.

Orientarea ferestrelor și luminatoarelor spre nord asigură iluminarea uniformă. La orientarea dublă, ferestrele dispuse spre nord asigură o lumină uniformă și difuză, iar cele dinspre sud vor permite pătrunderea unui număr limitat de raze solare, care nu pătrund adînc în interiorul clădirii (cum este cazul razelor oblice de la răsărit și apus) deoarece razele de la sud cad aproape vertical (fig. 23.4).

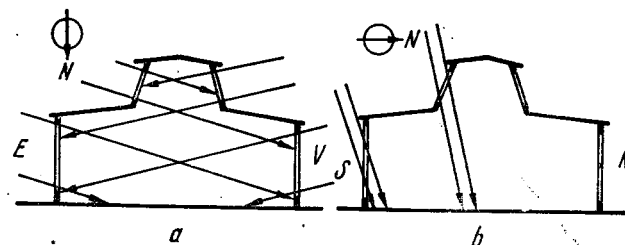


Fig. 23.4. Pătrunderea razelor solare în clădiri:

a — la orientarea ferestrelor spre est și vest; b — la orientarea ferestrelor spre nord și sud.

— coeficientul de transmisie, τ , ca raportul dintre mărimea fluxului luminos care trece printr-un corp Φ_τ și cel care cade pe el Φ :

$$\tau = \frac{\Phi_\tau}{\Phi} \quad (23.5)$$

Conform legii conservării energiei:

$$\Phi = \Phi_\rho + \Phi_\alpha + \Phi_\tau \quad (23.6)$$

Împărțind această relație cu Φ rezultă:

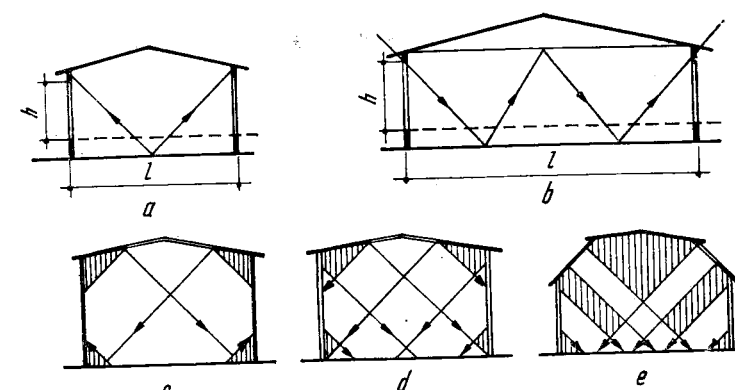


Fig. 23.5. Posibilități de iluminare a clădirilor:

a — iluminare laterală cu ferestre pe o singură latură; b — iluminare laterală cu ferestre pe ambele laturi; c — iluminare de sus; d; e — iluminare mixtă.

23.1.2.4.3. *Modul de iluminare.* Realizarea iluminatului natural se face lateral, prin ferestre sau pe la partea superioară, prin luminatoare. Iluminatul lateral se poate realiza cu ferestre pe o singură latură (fig. 23.5, a) sau cu ferestre dispuse pe ambele laturi (fig. 23.5, b).

La iluminarea pe o singură latură, lățimea maximă a clădirilor poate fi $l = (2h + 2)m$, în care h este înălțimea ferestrei. La iluminarea prin ferestre dispuse pe ambele laturi, relația dintre lățimea clădirii și înălțimea ferestrei este $l = (4h + 2)m$.

Iluminatul prin luminatoare (fig. 23.5, c) se adoptă în cazul proceselor de producție ce necesită iluminare uniformă. În figurile 23.5, d și 23.5, e sînt prezentate două moduri de realizare a iluminatului combinat, lateral și de sus.

23.1.2.4.4. *Poziția planului de lucru față de ferestre.* Iluminarea laterală, prin ferestre, prezintă dezavantajul că este neuniformă. Lîngă ferestre, lumina are o intensitate mare ce scade cu distanța față de fereastră (fig. 23.6). Iluminarea punctelor situate pe o dreaptă paralelă cu ferestrele este maximă în dreptul ferestrelor și minimă în dreptul pilnurilor (stîlpi, pilaștri) dintre ferestre (fig. 23.7).

23.1.2.4.5. *Poziția pe verticală a ferestrelor.* Amplasarea ferestrelor aproape de tavan determină o iluminare de intensitate mică dar uniformă și cu difuzie în adîncime; dacă ferestrele sînt amplasate mai jos iluminarea locului de muncă

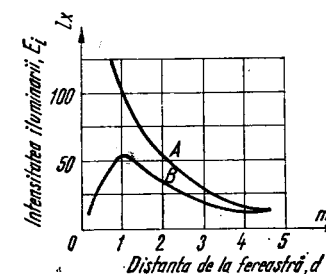


Fig. 23.6. Variația iluminării cu distanța față de fereastră:

A — în axa ferestrei; B — în axa spațiului dintre ferestre.

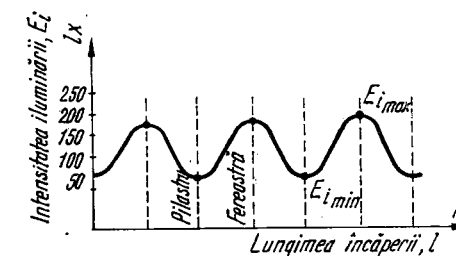


Fig. 23.7. Variația iluminării interioare într-un plan paralel cu ferestrele.

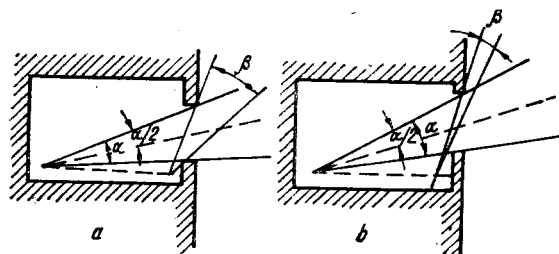


Fig. 23.8. Variația unghiului razelor de lumină în funcție de parapetul ferestrelor :
a - la parapet obișnuit; b - la parapet înalt.

de lângă ferestre este maximă, iar cea de lângă peretele opus este minimă; dacă ferestrele sînt plasate sus, se obține o iluminare bună în adîncime, datorită unghiului mai mare sub care cad razele de lumină (fig. 23.8). Din aceste motive se recomandă ca parapetul ferestrelor să nu coboare sub 0,80 m la clădiri de locuit și sub 1,20 m la hale industriale.

23.1.2.4.6. *Distanța dintre clădiri.* În cazul cînd spațiul exterior rămas liber în dreptul ferestrelor este prea mic, datorită clădirilor învecinate, iluminarea locului de muncă de pe peretele opus ferestrelor este redusă, deoarece razele de lumină cad sub un unghi mic. Pentru aceste motive, se impune ca și din locurile de muncă din partea opusă ferestrelor, bolta cerească să fie vizibilă sub un unghi α (fig. 23.9), a cărui mărime depinde de înălțimea clădirii opuse, de distanța dintre clădiri, de înălțimea ferestrei, de adîncimea încăperii etc. (se recomandă α minim 5°).

Cerințele de iluminare impun ca între două clădiri alăturate să se prevadă o distanță egală cu semisuma înălțimilor celor două clădiri.

23.1.3. ACȚIUNEA RADIAȚIEI SOLARE ASUPRA FERESTRELOR

În cazul ferestrelor, intervin fenomene de absorbție, reflexie și transparență a energiei radiante caracterizate prin coeficienții de reflexie ρ , absorbție α și transparență τ (fig. 23.10) [46].

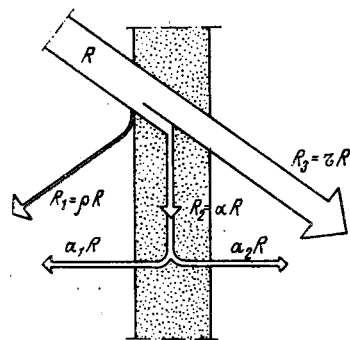


Fig. 23.10. Transmisia căldurii prin ferestre :

R - radiația solară; R_1 - energia reflectată; R_2 - energia absorbită; R_3 - energia transmisă prin transparență.

Energia radiantă reflectată spre exterior este exprimată prin termenul ρR , energia absorbită de către fereastră se exprimă prin termenul αR , din care $\alpha_1 R$ este radiată spre exterior, iar $\alpha_2 R$ spre interior. Valorile coeficientului α depind de culoarea elementului de construcție, astfel :

- alb $\alpha = 0,2 \dots 0,3$;
- galben, portocaliu, roșu clar $\alpha = 0,3 \dots 0,5$;
- roșu închis, verde clar, albastru clar $\alpha = 0,5 \dots 0,7$;
- cafeniu, verde închis, albastru $\alpha = 0,7 \dots 0,9$;
- cafeniu închis, negru $\alpha = 0,9 \dots 1,0$.

Fluxul termic ce pătrunde în încăpere datorită energiei termice absorbite de fereastră poate fi exprimat prin relația :

$$k \left[\left(\theta_e + \frac{\alpha R}{\alpha_e} \right) - \theta_i \right] \cdot [W]. \quad (23.10)$$

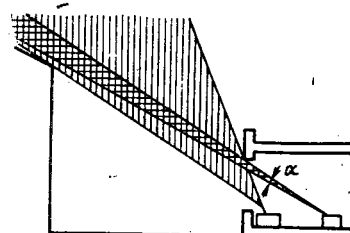


Fig. 23.9. Influența unei construcții învecinate asupra iluminării naturale dintr-o încăpere.

O parte din energia radiantă care traversează fereastră τR (în proporție de 85% în cazul sticlei transparente obișnuite) este reflectată succesiv și în final absorbită de pereți și de obiectele din încăpere și duce la o majorare a fluxului termic ce pătrunde în interiorul clădirii. Fluxul termic total poate fi exprimat astfel :

$$Q = k \left[\left(\theta_e + \frac{\alpha R}{\alpha_e} \right) - \theta_i \right] + \tau R, [W]. \quad (23.11)$$

Relația (23.11) poate fi pusă sub forma :

$$Q = \left(\frac{\alpha}{\alpha_e} + \tau \right) R + k (\theta_e - \theta_i), [W]. \quad (23.12)$$

Factorul $(\alpha/\alpha_e + \tau)$ poartă denumirea de *factorul solar al ferestrei* și se notează cu S , deci relația (22.12) poate fi scrisă sub forma :

$$Q = SR + k (\theta_e - \theta_i), [W]. \quad (23.13)$$

Pentru sticla obișnuită, valoarea factorului solar este egală cu 0,86. Valorile factorului solar depind în primul rînd de valoarea coeficientului de transmisie energetică τ , care la rîndul său depinde de natura materialului și de lungimea de undă a radiației incidente.

Mărimea și caracteristicile constructive ale ferestrelor au implicații de ordin termic care caracterizează pierderile de căldură, în timpul iernii, influențînd costurile instalațiilor de încălzire și aportul de căldură în timpul verii, condiționînd ventilarea naturală sau mecanică a încăperilor, interesînd în ambele cazuri economia de energie și combustibil.

23.2. FERESTRE ȘI UȘI

23.2.1. GENERALITĂȚI

Ferestrele și ușile sînt elemente de construcție ce trebuie să asigure iluminarea și ventilarea naturală a încăperilor, accesul în clădire precum și legătura pe orizontală între diferitele încăperi ale construcției. Aceste elemente de construcție trebuie să satisfacă și alte cerințe de funcționalitate : izolare termică, etanșeitate la apă și aer, protecția contra radiației solare, rezistență la foc. Prin forma și dimensiunile lor, prin poziția în pereți, prin raportul dintre plinuri și goluri, prin modul de alcătuire, ușile și ferestrele constituie și elemente de plastică exterioară și decorare interioară a încăperilor [42].

Realizarea ușilor și ferestrelor caracterizează lucrările de timplărie care se execută în ateliere și fabrici speciale, șantierului revenindu-i, în general, lucrările de montaj și de finisare definitivă. Timplăria pentru construcții civile se realizează din lemn, metal sau materiale plastice.

23.2.2.1. **Iluminarea naturală.** Dimensionarea ferestrelor, din condiția de asigurare a iluminatului natural se face prin mai multe metode.

Metoda geometrică permite stabilirea valorilor raportului m , în %, între suprafața de fereastră S_f și suprafața pardoselii S_p , ce trebuie să fie, în funcție de destinația încăperilor, între limitele :

— locuințe	$m = 14 \dots 16\%$;
— birouri	$m = 20\%$;
— școli	$m = 25\%$;
— săli de expoziție	$m = 35\%$;
— hoteluri, cămine, case de oaspeți	$m = 16 \dots 18\%$.

Metoda geometrică nu ia în considerare particularitățile de iluminare și climă ale amplasamentului clădirii, acțiunea de umbră a elementelor arhitecturale ale clădirii, influența clădirilor învecinate și ale suprafețelor înverzite, orientarea ferestrelor, reflexia luminii de către suprafețele interioare ale încăperilor.

Normarea tehnică elimină unele din inconvenientele metodei geometrice și permite estimarea pe cale grafică sau analitică a iluminării în fiecare punct din încăpere, exprimându-se prin raportul dintre iluminarea interioară E_i și iluminarea exterioară E_e , prin intermediul coeficientului de iluminat natural, e_n . Coeficientul e_n depinde de procentul de cer vizibil din încăpere, definit ca raportul dintre proiecția pe plan orizontal a suprafeței de cer vizibilă din punctul respectiv și suprafața totală a bolții cerești proiectată pe același plan :

$$e_n = \frac{E_i}{E_e} 100 = \frac{A_{pr}}{A_{tpr}} 100, \quad (23.14)$$

unde :

- E_i — iluminarea orizontală interioară a unui punct P , în lx;
- E_e — iluminarea exterioară orizontală în același moment, în lx;
- A_{pr} — suprafața de cer văzută din punctul P prin golul de lumină, proiectată pe planul orizontal, în m^2 ;
- A_{tpr} — suprafața totală a cerului proiectată pe același plan, în m^2 .

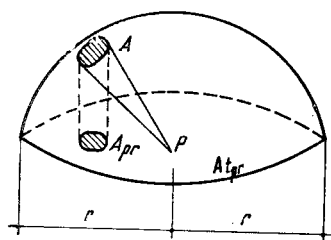


Fig. 23.11. Determinarea coeficientului de iluminat natural.

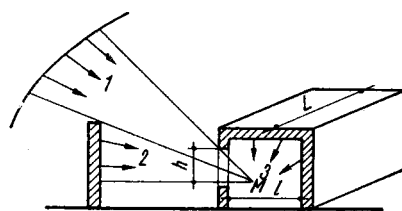


Fig. 23.12. Componentele iluminării unui punct interior M :
1 — rază directă; 2 — rază reflectată exterior;
3 — rază reflectată interior.

Valorile minime admisibile, e_{min} , ale coeficientului de iluminat natural variază între limitele 0,25...2%, pentru încăperi din construcțiile civile.

Pentru o secțiune transversală (fig. 23.11) se poate scrie relația ce definește coeficientul de iluminat natural, astfel :

$$e_n = \frac{A_{pr}}{A_{tpr}} 100. \quad (23.15)$$

Iluminarea unui punct interior M , din încăpere, este determinată de :

- componenta directă datorită luminozității acelei părți din bolta cerească direct vizibilă din punctul de referință (fig. 23.12);
- componenta reflectată exterioară datorită luminozității obstacolelor exterioare vizibile din punctul de referință;
- componenta reflectată interioară datorită reflexiei pereților și tavanului încăperii.

Influența reflexiei luminii de către suprafețele interioare ale încăperilor, asupra iluminatului natural interior, se ia în considerare prin coeficientul r , ale cărui valori sînt cuprinse între 2,50 și 1,50 în funcție de culoarea pereților și tavanului.

Iluminarea interioară a încăperilor este influențată de sistemul constructiv al ferestrelor, determinat de cercevele și geamuri și de gradul de murdărire a geamurilor. Influența acestor factori asupra gradului de iluminat natural este luată în considerare prin *caracteristica de luminozitate a ferestrei*, notată cu η , avînd valorile între 9,4 și 4,8 în funcție de adîncimea încăperii L , lățimea încăperii l și înălțimea de la nivelul planului de lucru (obișnuit 1 m) pînă la partea superioară a ferestrei, h . Gradul de murdărire a geamurilor este luat în considerare prin factorul general de transmisie a luminii, τ_g , prin fereastră avînd valorile cuprinse între 0,20 și 0,60, în funcție de modul de dispunere a geamurilor, natura cercevelor și gradul de murdărire.

Luînd în considerare influența factorilor prezentați mai sus, suprafața necesară a ferestrelor, rezultă din relația (23.16) :

$$m = \frac{S_f}{S_p} 100 = \frac{e_{min} \eta}{\tau_g r} \quad (23.16)$$

23.2.2.2. **Rezistența termică și confortul termic.** Comportarea termică a ferestrelor interesează atît în condiții de iarnă, cînd transferul de căldură trebuie să fie minim, cît și vara, cînd aportul caloric din exterior în încăperi trebuie să fie minim.

Rezistența la transmisia căldurii a ferestrelor depinde de natura materialului din care sînt confecționate cercevele, tipul de fereastră (simplă sau dublă), precum și de caracteristicile termofizice ale geamurilor, avînd valori între 0,22 și 0,58 $m^2 K/W$.

Proprietățile cunoscute ale straturilor de aer incluse, a căror rezistență termică crește la valoarea $R_a = 0,22 m^2 K/W$ pînă la o grosime de 2 cm, apoi rămîne constantă (fig. 23.13), a condus la construcția geamurilor cu proprietăți termoizolante. Astfel, geamurile termopan cu unul sau două straturi de aer, pot avea următoarele rezistențe termice : $R_0 = 0,44 m^2 K/W$, pentru un strat de aer și $R_0 = 0,68 m^2 K/W$, pentru două straturi de aer.

Folosirea geamurilor duble la un rînd sau la două rînduri de cercevele poate conduce la o reducere a pierderilor de căldură între 25 și 53%.

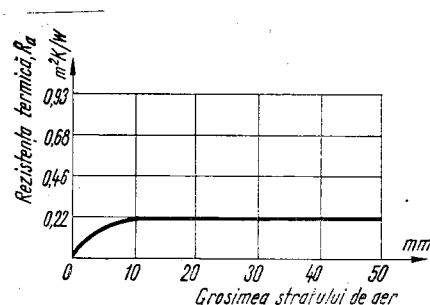


Fig. 23.13. Variația rezistenței termice a stratului inclus de aer în funcție de grosime.

exterior pot reduce cu 85% efectele înșoririi, pe cînd dacă sînt dispuse spre interior și nu sînt asociate cu o ventilație forțată, efectul înșoririi se reduce numai cu 30...40%;

— folosirea unor brise-soleil-uri (fig. 23.14), la orientare nord-vest și sud-est, care cuprind diverse elemente de construcție cu scop de protecție solară în timpul verii a părților vitrate ale construcției, iar iarna sînt intens înșorite (logii-balcon, ferestre retrase, cornișe etc.).

23.2.2.3. Izolarea acustică. Transmiterea zgomotelor prin uși și ferestre prezintă importanță deosebită deoarece aceste elemente de construcție preiau direct acțiunea zgomotului stradal, a celui din casele de scări precum și a zgomotului din locuința însăși.

Indicele de atenuare acustică a peretelui combinat cu fereastră sau ușă se calculează cu expresia :

$$R_t = R_1 - 10 \lg \frac{\frac{S_1}{S_2} + 10^{\frac{R_1 - R_2}{10}}}{1 + \frac{S_1}{S_2}} \quad (23.17)$$

unde : R_t este indicele total de atenuare acustică a peretelui cu tîmplărie, în dB ;

R_1 — indicele de atenuare acustică a peretelui fără tîmplărie, în dB ;

R_2 — indicele de atenuare a ferestrei sau ușii, în dB ;

S_1 — suprafața peretelui fără tîmplărie, în m^2 ;

S_2 — suprafața ferestrelor sau ușilor, în m^2 .

Dacă se notează cu R valoarea cu care se micșorează coeficientul de atenuare acustică a peretelui, datorită tîmplăriei, se obține relația :

$$R_t = R_1 - R. \quad (23.18)$$

Pentru cazurile practice este suficientă relația aproximativă :

$$R_t = R_2 + 10 \lg \frac{S_1}{S_2} \quad (23.19)$$

O reducere a pierderilor de căldură prin ferestre se poate obține utilizînd proprietățile sticlei de a fi permeabilă nu numai la radiația vizibilă ci și la radiațiile infraroșii și ultraviolete.

Protecția unei construcții împotriva aportului de căldură estivală, se poate realiza prin următoarele mijloace :

— alegerea judicioasă a orientării fațadelor vitrate ;

— înclinarea ferestrelor, procedeu folosit la turnurile aeroporturilor, razele solare căzînd razant asupra peretelui ;

— folosirea storurilor, care dispuse spre

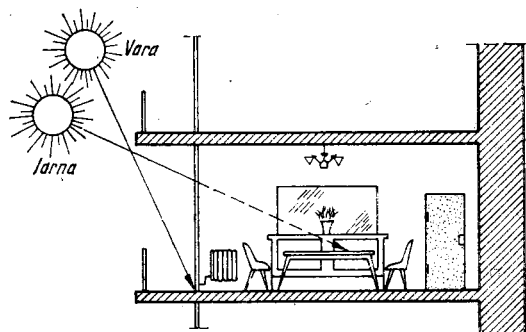


Fig. 23.14. Protecție contra înșoririi prin brise-soleil.

Această relație arată că coeficientul de atenuare acustică a tîmplăriei R_2 și raportul suprafețelor S_1/S_2 caracterizează rezistența acustică totală R_t .

În cazul închiderii etanșe a ferestrelor, gradul lor de izolare fonică poate prezenta următoarele valori :

- ferestre cu geamuri simple 15...20 dB ;
- ferestre cu geamuri duble 25...30 dB ;
- ferestre cu geamuri duble groase 40 dB.

Avînd în vedere gradul redus de atenuare a ferestrelor la zgomotul aerian, este necesară îmbunătățirea capacităților de izolare, eliminarea punților acustice, creșterea etanșeității la aer.

În ceea ce privește transmiterea zgomotului exterior prin pereții cu ferestre și uși, trebuie luată în considerare și acțiunea zgomotului prin vibrații sau impact. Zgomotele cauzate de autovehiculele grele se transmit prin îmbrăcămîntea străzilor, în primul rînd fundațiilor și apoi elevației clădirii (fig. 23.15), care joacă rolul unei surse de emisie secundară.

Pentru a asigura o bună izolare acustică a ferestrelor, se pot lua următoarele măsuri constructive :

— greutatea pe unitatea de suprafață să fie pe cît posibil ridicată, ceea ce conduce la utilizarea sticlei groase sau a geamurilor duble la fiecare cercevea ;

— ansamblul geam-tîmplărie trebuie să fie pe cît posibil omogen, întrucît prezența tîmplăriei foarte ușoară determină apariția punților acustice ;

— cutia de rulou să nu prezinte zone slabe în izolarea acustică.

Creșterea indicelui de reducere sonoră se obține dacă cutia de rulou se realizează tapisată la interior cu material fonoabsorbant (vată minerală, polistiren celular, vată de sticlă fig. 23.16).

Trebuie remarcat faptul că folosirea unor ferestre cu un grad mare de izolare acustică este inutilă dacă indicele de izolare acustică al peretelui opac nu este cel puțin egal cu cel al tîmplăriei ; aceasta este valabil mai ales în cazul pereților cortină, la care din cauza greutății reduse a acestora, problema izolării acustice se pune în mod deosebit.

23.2.2.4. Rezistența mecanică. 23.2.2.4.1. Încercarea la încărcări statice. Încercarea are drept scop aprecierea capacității ferestrei de a prelua încărcări statice. Pentru aceasta montanții și traversele părților mobile sînt supuse la o presiune ce variază între zero și 1 500 N/m². Săgeata montanților și a traverselor nu trebuie să depășească 1/200 din deschidere la o presiune de 500 N/m².

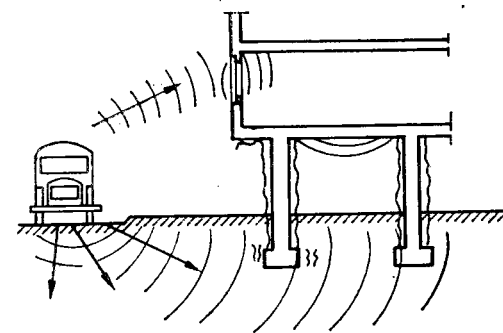


Fig. 23.15. Transmiterea zgomotului de impact exterior la clădiri.

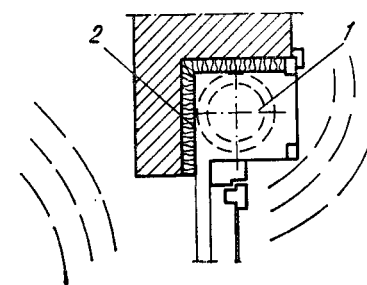


Fig. 23.16. Cutie de rulou tratată fonoabsorbant :
1 — cutie rulou ; 2 — vată minerală.

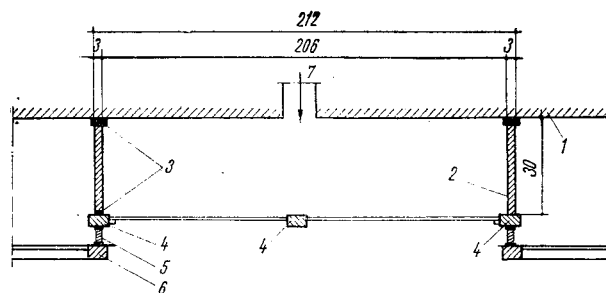


Fig. 23.17. Instalație de determinarea permeabilității la aer a timplăriei:

1 - peretele fix al instalației; 2 - cadru de montaj; 3 - garnituri elastice de etansare; 4 - fereastra de încercat; 5 - suruburi de distanțare; 6 - perete mobil; 7 - canal de acces al aerului.

23.2.2.4.2. **Încercarea de rezistență la vînt.** Pentru această încercare, fereastra este supusă la 10 rafale succesive corespunzătoare unor presiuni ce variază de la 100 la 1 000 N/m² și nu trebuie să prezinte deformări permanente sau defecțiuni de funcționare, iar permeabilitatea la aer să nu se modifice cu mai mult de 10^{0/0}.

23.2.2.5. **Etanșeitatea la apă și aer.** 23.2.2.5.1. **Încercarea de etanșeitate la apă.** Scopul încercării este de a determina sub ce presiune se produce o infiltrație de apă susceptibilă de a provoca deteriorări în interiorul construcției. Încercarea se efectuează cu un debit de apă de 0,75 l/min.m² marcîndu-se presiunea la care începe infiltrația. Ferestrele trebuie să rămînă etanșe la o presiune mai mică de 40 N/m².

23.2.2.5.2. **Încercarea la permeabilitate la aer.** Scopul acestei încercări este de a determina debitul de aer care trece prin fereastră sub presiuni de la 100 la 1 000 N/m². Se consideră utilizabile în construcții, ferestrele prin care nu trece mai mult de 50 m³ aer/h pe m² de deschidere la o presiune de 100 N/m². În figura 23.17 se prezintă schema instalației de determinare a permeabilității la aer a timplăriei.

23.2.2.6. **Încercări de deformare și anduranță.** Aceste încercări variază în funcție de tipul de fereastră și au drept scop să verifice rezistența mecanică a părții mobile la solicitări normale de întreținere (eforturi de manipulare, limitarea deschiderii, eficacitatea dispozitivelor de siguranță). Încercările de anduranță se referă la comportarea în funcțiune a părților mobile ale ferestrei la un număr de 7000 cicluri deschidere-închidere; corespund cerinței de anduranță acele ferestre pentru care nu a fost constatată nici o deformare care ar împiedica funcționarea lor normală.

23.2.2.7. **Rezistența la foc.** Limita de rezistență la foc a unui element de construcție este durata de timp în care elementul supus acțiunii focului și temperaturilor înalte își păstrează capacitatea portantă.

Pentru determinarea limitei de rezistență la foc a elementelor de construcție (pereți, planșee, ferestre, uși) se mai iau în considerare și alte fenomene, la apariția cărora, se consideră că acestea nu se mai pot opune propagării incendiului și anume:

- apariția unor crăpături pe toată grosimea elementului, care permit trecerea gazelor calde sau a flăcărilor;
- apariția unor temperaturi mai mari de 150°C pe partea elementului opusă acțiunii focului.

Determinarea limitei de rezistență la foc se face prin încercări la temperaturi care variază conform curbei temperatură-timp indicată în N.P.C.I.—1974. Limita de rezistență la foc pentru ferestre rezistente la foc, în funcție de natura materialului de construcție, este cuprinsă între 0,25 și 1,20 h.

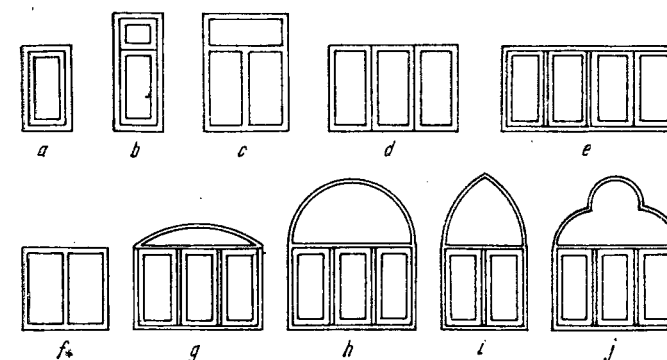


Fig. 23.18. Forme de ferestre:

a - dreptunghiulară într-un canat, cu latura mare verticală; b - dreptunghiulară, într-un canat, cu supralumină; c - dreptunghiulară, în două canaturi cu supralumină, cu latura mare verticală; d - dreptunghiulară, în trei canaturi, cu latura mare orizontală; e - dreptunghiulară, în patru canaturi, cu latura mare orizontală; f - pătrată, în două canaturi; g - dreptunghiulară, cu partea superioară curbă; h - dreptunghiulară, cu partea superioară ogivală; i - dreptunghiulară, cu partea superioară în formă de trifoi; j - dreptunghiulară, cu partea superioară în formă de trifoi.

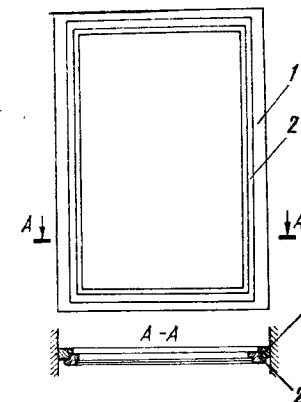


Fig. 23.19. Părțile componente ale unei ferestre:

1 - toc; 2 - cercevea.

23.2.3. CLASIFICAREA FERESTRELOR

Ferestrele se pot clasifica din mai multe puncte de vedere:

- după natura materialului din care sînt realizate, ferestrele pot fi: din lemn (brad sau stejar), metalice (oțel sau aluminiu), din beton armat, din mase plastice;
- după forma lor (fig. 23.18), ferestrele pot fi: dreptunghiulare cu latura mare verticală sau orizontală (fig. 23.18, a, b, c, d, e), ferestre pătrate care sînt inestetice avînd forma nedecisă (fig. 23.18, f), ferestre dreptunghiulare cu partea superioară curbă (fig. 23.18, g, h), ferestre dreptunghiulare cu partea superioară ogivală (fig. 23.18, i), ferestre cu partea superioară în formă de trifoi (fig. 23.18, j). Ferestrele curent întîlnite în construcții pot fi cu unul, două, trei sau patru canaturi, cu sau fără supralumină (v. fig. 23.18). Ferestrele sînt alcătuite dintr-o parte fixă, toc și o parte mobilă, cercevea (fig. 23.19). Dimensiuni-

Tabelul 23.2

Ferestre: Lățimile golului și ale focului, L și l					
L, cm	90	120	150	180	210
l, mm	884	1184	1484	1784	2084
Nr. cercevele	1 sau 2	1 sau 2	2 sau 3	2 sau 3	2...4
Ferestre: înălțimile golului, H și ale focului, h	50	50	50	50	50
	50	50	50	50	50
	120	120	120	120	120
	150	150	150	150	150

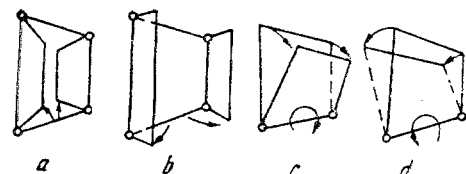


Fig. 23.20. Tipuri de ferestre:
a - ferestre oscilante spre interior; b - ferestre oscilante spre exterior; c - ferestre oscilante spre interior față de un ax orizontal; d - ferestre oscilante spre exterior față de un ax orizontal; e - ferestre oscilante față de un ax vertical; f - ferestre oscilante față de un ax orizontal median; g - ferestre ghilotină; h - ferestre glisante; i - ferestre pliante.

nile cercevelor se stabilesc din condiția de indeformabilitate a ansamblului toc-cercevea. În tabelul 23.2 se indică dimensiunile exterioare ale tocurilor ferestrelor și corelația lor cu dimensiunile golurilor. Ferestrele pot fi simple, ce prezintă pierderi mari de căldură și cu cercevele duble, întâlnite curent în practică;

— după modul de deschidere, ferestrele duble, în două canaturi, pot fi cu deschidere interioară, exterioară sau cu deschidere obișnuită, interioară pentru cercevele interioare și exterioară pentru cele exterioare. Când ambele cercevele cu deschidere interioară sau exterioară se acționează comun, ferestrele se numesc cuplate.

Deschiderea ferestrelor se poate realiza în mai multe moduri (fig. 23.20): prin oscilația cercevelor în jurul unui ax vertical, prin translație orizontală, prin translație verticală, prin oscilație față de un ax orizontal median sau dispus la o extremitate, prin oscilație față de un ax vertical median și prin basculare (când oscilația este limitată).

23.2.4. MATERIALE FOLOSITE LA REALIZAREA TIMPLĂRIEI

Lemnul cu umiditate 8...20% este materialul curent utilizat pentru confecționarea timplăriei. Se folosește în mod obișnuit lemn de rășinoase și mai rar lemn de stejar când se urmărește obținerea unor rezistențe mai mari la acțiuni climatice sau mecanice, a unei timplării decorative etc.

Furnirul de grosime 0,2...6 mm, obținut prin tăiere cu mașini speciale a buștenilor de lemn selecționat, se folosește pentru îmbrăcarea lemnului de esență slabă.

Placajul este materialul realizat din foi de furnir suprapuse și încheiate, având orientarea fibrelor diferită de la un strat la celălalt.

Panelul este materialul sub formă de plăci din lemn, alcătuit din miez din șipci de rășinoase sau foioase moi, acoperite cu furnir pe ambele fețe.

Cleirile de timplărie depind de condițiile de umiditate ale elementului și mediului și se pot utiliza sub formă de clei rece pe bază de cazeină și clei pe bază de rășini sintetice.

Feroneria pentru timplărie cuprinde piesele fixate pe uși și ferestre (balamale, drukăre, șilduri, broaște, cremoane, minere, cirlige de vânt etc.) și asigură exploatarea acestora și fixarea în poziție închisă sau deschisă.

Timplăria metalică se poate confecționa din oțel laminat sub formă de profiluri metalizate cu zinc, tole din tablă din care se obțin anumite profiluri prin ambutisare, oțel inoxidabil și aliaje de aluminiu.

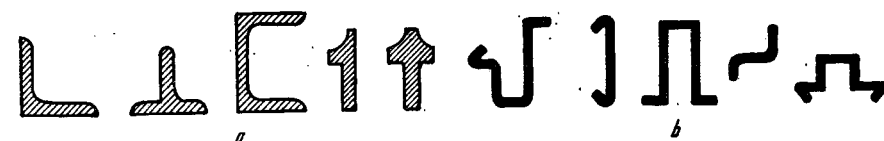


Fig. 23.21. Profiluri metalice folosite pentru realizarea ferestrelor:
a - laminate la cald; b - din tablă îndoită la rece.

Profilurile utilizate la realizarea timplăriei metalice pot fi laminate la cald de formă obișnuită (cornier, U, T) sau de forme speciale (fig. 23.21, a) sau profiluri din tablă îndoită la rece (fig. 23.21, b).

Protecția timplăriei metalice și de lemn se realizează prin vopsire, după ce în prealabil suprafețele au fost pregătite prin curățare de impurități, chituire, protecție cu miniu de plumb (a timplăriei metalice) etc. Timplăria din aliaje de aluminiu se protejează prin anodizare sau lăcuire care constă în aplicarea în ateliere cel puțin a unui strat de vopsea de grosime minimum 30 microni.

Pentru a asigura iluminatul natural al încăperilor, ferestrele și parțial ușile se prevăd cu geamuri care pot fi:

— **geamuri clare** de grosime 1,8...8 mm; la ferestre și uși de dimensiuni obișnuite se utilizează geamuri de 2 și 3 mm; geamurile de 4, 5, 6, 7 și 8 mm se utilizează la vitrine sau în scop decorativ având marginea șlefuită, la uși interioare etc.;

— **geamuri riglate**, turnate, care au pe una din fețe striuri paralele, livrate în grosime 5,5 mm, lățimi de 50...100 cm și lungimi de 100...300 cm;

— **geamuri mate**, obținute din geamuri clare de 2...3 mm grosime, având o față lucie și una lăptoasă, obținută în urma acțiunii unui acid; permit să treacă lumina în proporție de 50...60%;

— **geamuri jivrate**, obținute din geamuri clare de 4...6 mm grosime, având pe una din fețe desene care imită florile de gheață;

— **geamuri gravate**, cu diverse desene, în culori diferite și care permit trecerea luminii în proporție de 60...80%;

— **geamuri cristal**, trase sau turnate, din pastă alcătuită cu săruri de plumb care prezintă reflexe albe în spărtură; se folosesc la fabricarea oglinzilor;

— **vitrouri**, geamuri de ornament, cu figuri și desene variate;

— **geamuri termopan**, cu calități termoizolante, alcătuite din două foi de sticlă cu strat de aer între ele;

— **geamuri colorate, termoabsorbante**, de culoare verde sau albastru, care absorb energia calorică solară în procent de 30% dar micșorează energia luminoasă cu 35%.

Chitul este materialul realizat dintr-un amestec de cretă și ulei care prin uscarea se întărește folosit pentru fixarea geamurilor; la șprosuri metalice se folosește chit pe bază de miniu de plumb. Uneori, la timplăria din lemn pentru fixarea geamurilor se folosesc șipci din lemn (*ștaburi*).

23.2.5. ALCĂTUIREA FERESTRELOR

23.2.5.1. Ferestre din lemn. Cercevele ferestrelor se realizează în mod obișnuit din lemn de brad, iar tocul din stejar, material cu sensibilitate mai redusă la variațiile de umiditate. Se folosesc dulapi de 3,8...6,8 cm, grosime și lățime

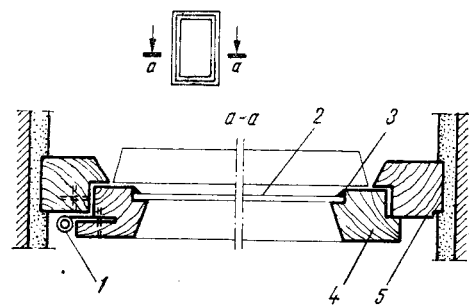


Fig. 23.22. Fereastră simplă, într-un canat, cu deschidere obișnuită;
1 - balama; 2 - geam; 3 - chit; 4 - cercevea; 5 - toc.

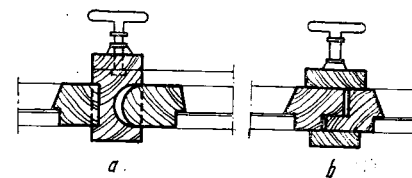


Fig. 23.23. Îmbinarea cercevelor în partea centrală, la ferestre în două canate:
a - cu gură de lup; b - cu falț dublu și șipcă de acoperire.

variabilă 10; 12; 15; 18 cm. Fixarea tocului se realizează cu cuie în ghermele introduse în pereți și montate cu mortar de ipsos sau ciment. În rostul de 1...2 cm dintre toc și zidărie se introduce un strat de carton bitumat, vată minerală sau hirtie și se acoperă cu mortar. Îmbinarea tocurilor la colțuri se realizează în cep sau coadă de rindunică. Tocul este prevăzut cu falț în care se îmbină cercevelele ce alcătuiesc elementele mobile ale ferestrelor (fig. 23.22) [72]. Cercevelele sunt profilate cu falț exterior care se îmbină cu tocul și cu falț interior în care se fixează geamul. La ferestre simple, într-un canat, cercevelele se dispun spre interior pentru a evita degradarea lor sub acțiunea intemperiilor. Îmbinarea cercevelor în partea centrală se realizează cu gură de lup sau cu falț dublu și șipcă de acoperire (fig. 23.23).

Pentru creșterea gradului de atenuare acustică a ferestrelor, se pot folosi garnituri de etanșare între cercevele, între foi și toc (fig. 23.24), realizate din materiale plastice sau pe bază de cauciuc, micșorându-se pe această cale acțiunea negativă a punților acustice.

La lățimi mari, ferestrele se prevăd cu două, trei sau patru canaturi (fig. 23.25), iar în cazul înălțimilor mari, ferestrele se realizează cu supralumină (fig. 23.26).

La interior, deasupra părții superioare a parapetului zidăriei se prevede glaf de lemn, piatră naturală, mozaic sau marmură, iar la exterior solbanțul se acoperă cu tablă pentru protecția contra infiltrației apei.

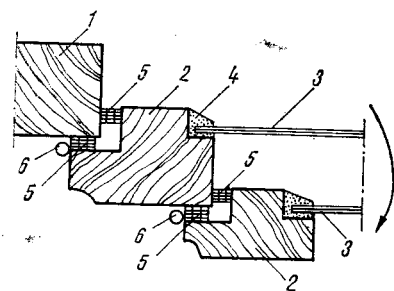


Fig. 23.24. Etanșarea ferestrelor cu garnituri elastice la toc și cercevele:
1 - toc; 2 - cercevea; 3 - geam; 4 - chit; 5 - garnitură elastică pentru etanșare; 6 - balama.

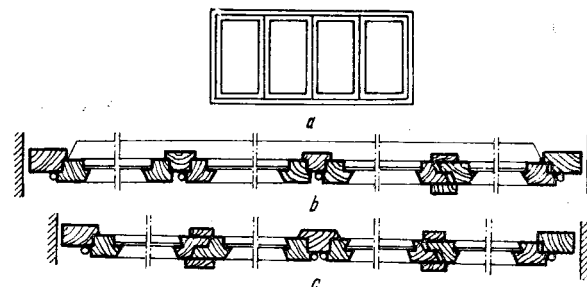


Fig. 23.25. Fereastră simplă în patru canaturi:
a - vedere; b - secțiune orizontală printr-o fereastră cu doi stâlpi intermediari; c - secțiune orizontală printr-o fereastră cu un stâlp intermediar.

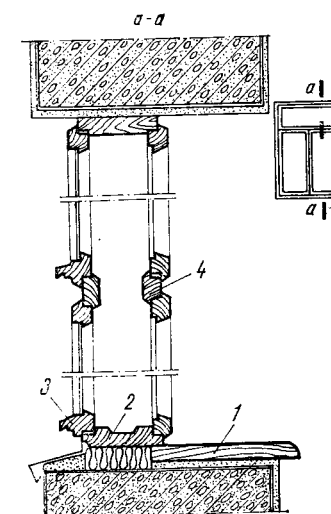
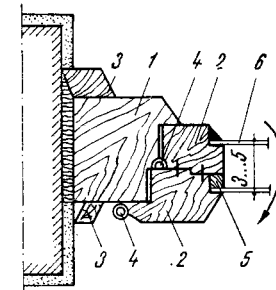


Fig. 23.26. Fereastră dublă cu deschidere obișnuită și cu supralumină:
1 - glaf; 2 - toc; 3 - cercevea; 4 - chempfer.

Fig. 23.27. Fereastră cu plată:
1 - toc; 2 - cercevea cuplată; 3 - șipcă de etanșare; 4 - balama; 5 - șipcă de prindere a geamului; 6 - geam.



Pentru manevrarea ușoară a cercevelor ce se deschid într-o singură parte, se pot folosi ferestre cu cercevele cuplate (fig. 23.27) care au distanța între geamuri 3...5 cm, ceea ce contribuie la mărirea capacității de izolare termică.

Pentru a se asigura oscilația ferestrelor, se folosesc balamale aplicate (fig. 23.28) de mărimile 6; 7; 8 cu două sensuri de funcționare (stînga, dreapta). La ferestre de dimensiuni mari se utilizează balamale îngropate (pomele) de mărimi 8 sau 11 (fig. 23.29), montate pe toc cu șuruburi. Pentru fixarea ferestrelor în poziție închisă se folosesc broscuțe cu miner și cremoane, iar pentru poziție deschisă, cîrlige de vînt.

Pentru protecția ferestrelor împotriva intemperiilor și a radiației solare excesive, se utilizează obloane care pot fi:

— cu deschidere obișnuită pivotantă, executate în tăblii cu jaluzele fixe sau mobile (fig. 23.30);

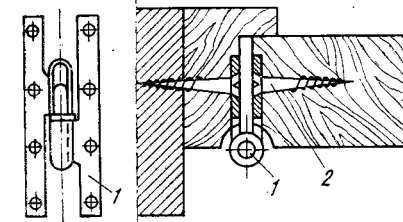


Fig. 23.28. Montarea balamalelor aplicate;
1 - balama aplicată; 2 - șurub pentru lemn.

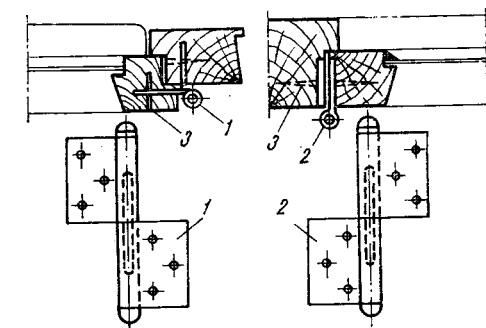


Fig. 23.29. Montarea balamalelor îngropate:
1 - balama îngropată stînga; 2 - balama îngropată dreapta; 3 - cui de fixare.

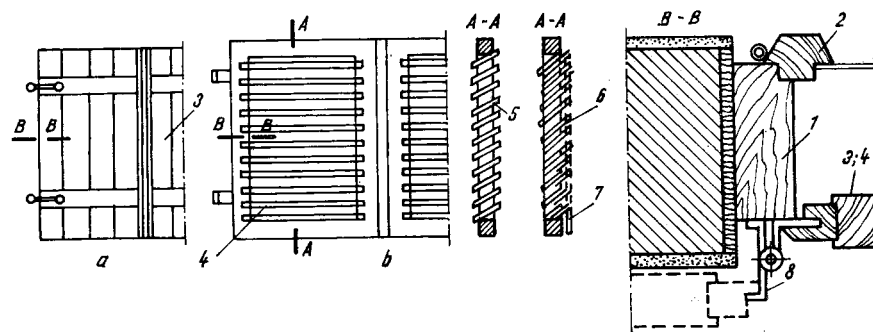


Fig. 23.30. Obloane pentru ferestre simple cu deschidere interioară:
a - oblon plin; b - oblon cu jaluzele fixe sau mobile; 1 - toc; 2 - cercevea; 3 - oblon plin; 4 - oblon cu jaluzele; 5 - jaluzele fixe; 6 - jaluzele mobile; 7 - tijă de manipulare a jaluzelelor mobile; 8 - balama înguncheată.

— *alunecătoare în sens vertical*, numite și *obloane rulante* sau *rulouri*, aplicate la ferestre cu deschidere interioară. Înfășurarea oblonului rulant se face în jurul unui fus fixat pe două lagăre în cutia ruloului (fig. 23.31), protejată la exterior de un nas de beton armat de 4...6 cm grosime și la interior de un capac de lemn mobil. Manevrarea ruloului se face cu o chingă de cîneșă, care se învîrtește pe un scripete fixat la capătul ruloului, iar la celălalt capăt se înfășoară pe o roată cu arc, care o ține totdeauna întinsă.

23.2.5.2. Ferestre metalice. Sînt utilizate, în special, la clădiri cu profil comercial, industrial și la construcții social-culturale de interes deosebit sub formă de vitrine. Ele prezintă multiple avantaje față de ferestrele din lemn, deoarece asigură rezistența mecanică necesară deschiderilor mari, sînt rezistente la variații de temperatură, la umidități ridicate, la acțiunea trepidațiilor, nu se degradează la transport și montaj și prezintă un aspect estetic superior.

Ferestrele metalice simple sau duble se pot realiza din profiluri obișnuite îmbinate prin nituire, sudare electrică sau autogenă (fig. 23.32 și 23.33) sau

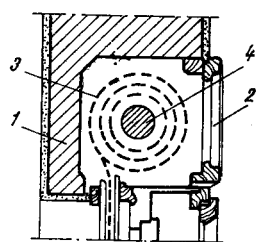


Fig. 23.31. Cutie de rulou la o fereastră dublă cu deschidere interioară;
1 - nas de beton; 2 - capac mobil din lemn; 3 - rulou cu jaluzele; 4 - tambur.

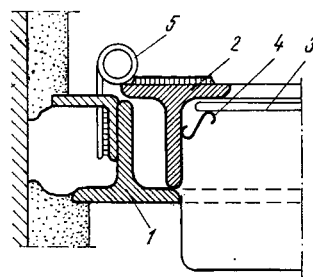


Fig. 23.32. Fereastră simplă din profiluri laminate obișnuite:
1 - toc; 2 - cercevea; 3 - geam; 4 - agrafă de prindere a geamurilor; 5 - balama.

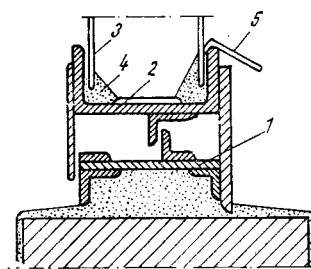


Fig. 23.33. Fereastră dublă din profiluri laminate obișnuite:
1 - toc; 2 - cercevea; 3 - geam; 4 - chit; 5 - lăcrimar.

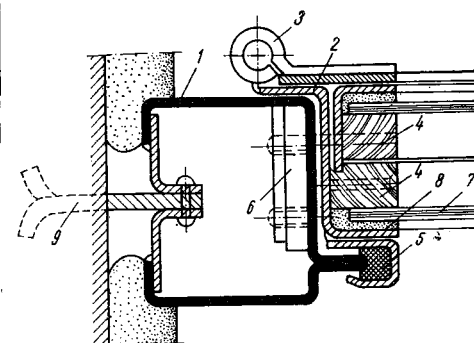


Fig. 23.34. Fereastră dublă din profiluri din tablă îndoită la rece:

1 - toc; 2 - cercevea; 3 - balama; 4 - șipci din lemn prinse în șuruburi; 5 - cauciuc moale; 6 - adaosuri din tablă în dreptul balamalelor; 7 - geam; 8 - chit preparat cu miniu de plumb; 9 - prazn pentru fixare în perete.

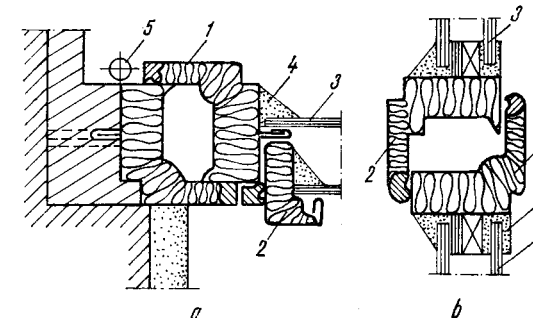


Fig. 23.35. Fereastră din tablă ambutisată, izolată termic:
a - detaliu toc; b - detaliu cercevea; 1 - toc; 2 - cercevea; 3 - geam; 4 - chit; 5 - balama.

din profiluri speciale *TN* din tablă îndoită la rece (fig. 23.34). Din motive de izolare termică, se execută și ferestre din tablă ambutisată, avînd spațiul din interiorul profilurilor umplut cu beton poros sau cu un alt material izolator (fig. 23.35). Pentru construcții cu cerințe de ordin plastic deosebit, se utilizează profiluri de forme speciale din aluminiu (fig. 23.36).

Montarea geamurilor în ramele ferestrelor se poate face: cu chit, cu șipculițe de lemn, bare metalice laminate sau din tablă ambutisată. Pentru ferestre ecrane, pentru suprafețe mari cu geamuri fixe, la construcții exigente, se pot folosi capace etanșe de metal pentru fixarea geamului care asigură etanșeitătea la infiltrații, înlăturînd dezavantajele chitului (fig. 23.37).

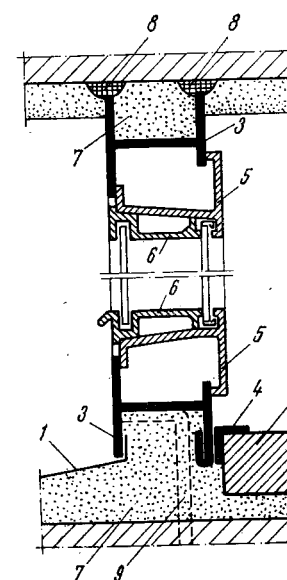
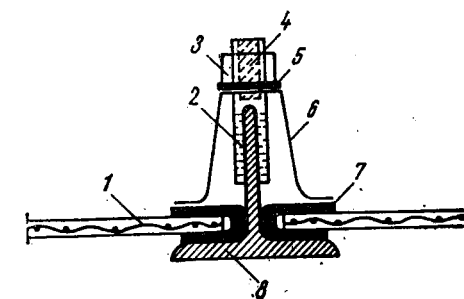


Fig. 23.36. Fereastră dublă din profiluri de aluminiu:
1 - sort din tablă; 2 - glaf din marmură; 3 - toc din aluminiu; 4 - profil de racordare cu glaful; 5 - cercevea; 6 - profil pentru fixarea geamului; 7 - mortar pentru fixarea tocului; 8 - mastic bituminos; 9 - ancoră din oțel lat.

Fig. 23.37. Detaliu de montarea geamului cu capace etanșe:

1 - geam armat (reinforced glass); 2 - tijă sudată (welded rod); 3 - piuliță de alamă (brass nut); 4 - filet (thread); 5 - șaibă (washer); 6 - capac din tablă (sheet metal cap); 7 - carton bitumat (bituminous cardboard); 8 - șpros (sealant).



23.2.6. CLASIFICAREA UȘILOR

Ușile sînt elemente de construcție care asigură accesul de la exterior la interior și cerințele de comunicare între încăperi.

Se pot clasifica din mai multe puncte de vedere :

— după poziția lor în construcție, ușile pot fi exterioare, amplasate în pereți exteriori sau interioare amplasate în pereți interiori ;

— după materialul folosit la construcția lor, se disting : uși din lemn de brad masiv, placat sau furniruit ; uși din lemn de stejar, obișnuit masiv ; uși metalice sau din materiale plastice ;

— după modul de deschidere, ușile pot fi dreapta, cînd deschizînd ușa prin împingere balamalele sînt în dreapta sau stînga, cînd deschizînd ușa prin împingere, balamalele sînt în stînga ;

— după numărul foilor și modul de deschidere (fig. 23.38), se disting uși într-un canat, stînga sau dreapta, simple sau duble ; uși în două canaturi deschise prin oscilație, simple sau duble ; uși batante, cînd oscilația este de 180° , ceea ce permite deschiderea sau închiderea ușii, fie prin împingere, fie prin tragere ; uși

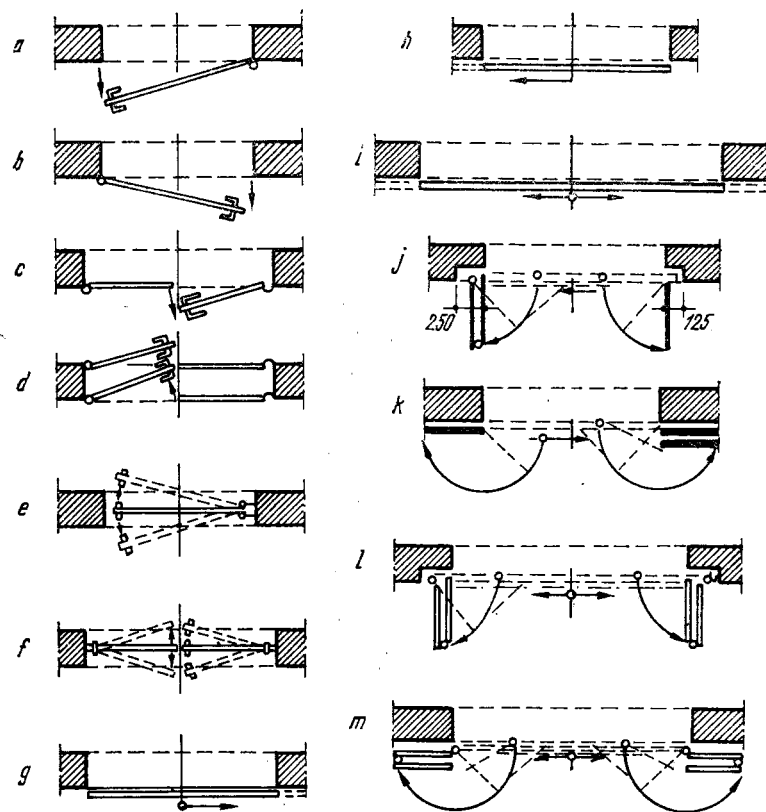


Fig. 23.38. Tipuri de uși :

a ; b - uși într-un canat cu deschidere dreapta, respectiv stînga ; c - uși duble în două canaturi ; d - uși duble în două canaturi ; e ; f - uși duble în unul, respectiv două canaturi ; g ; h - uși glisante într-un canat stînga, respectiv dreapta ; i - uși glisante în două canaturi ; j ; k - uși pliante în trei canaturi ; l ; m - uși pliante în patru canaturi.

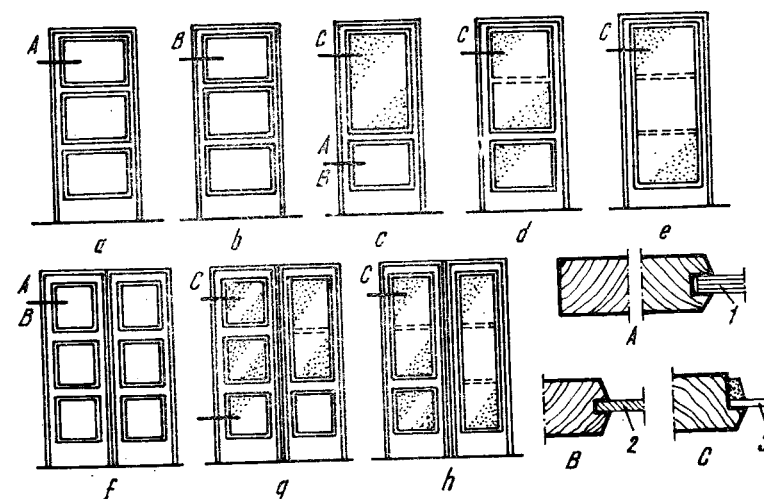


Fig. 23.39. Uși interioare cu rame și tăblii :

a...e - uși într-un canat ; f...h - uși în două canaturi ; 1 - tăblie din lemn masiv ; 2 - tăblie din placaj ; 3 - geam.

pliante, cînd deschiderea ușilor are loc prin oscilație și translație ; uși glasvand, cînd deschiderea ușilor are loc prin translație, în locașuri din interiorul pereților ; uși în mai multe canaturi oscilante, batante, simple sau duble ;

— după destinația construcțiilor, ușile pot fi : pentru construcții civile, interioare, în unul sau două canaturi, cu rame și tăblii (fig. 23.39) sau exterioare (fig. 23.40) ; uși cu structură celulară (rame placate sau plăci celulare furniruite fig. 23.41), pentru locuințe sau construcții social-culturale. Formele și dimensiunile foilor de uși interioare sînt indicate în tabelul 23.3, dimensiunea maximă

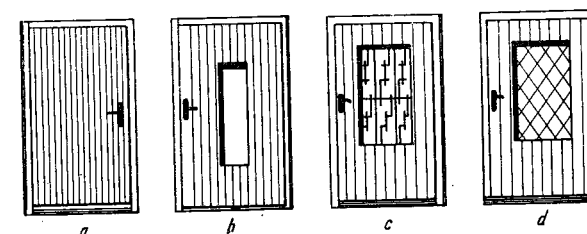


Fig. 23.40. Uși exterioare :

a - cu foaia plină ; b - cu geam amplasat central ; c ; d - cu geam și ornamente din fier forjat.

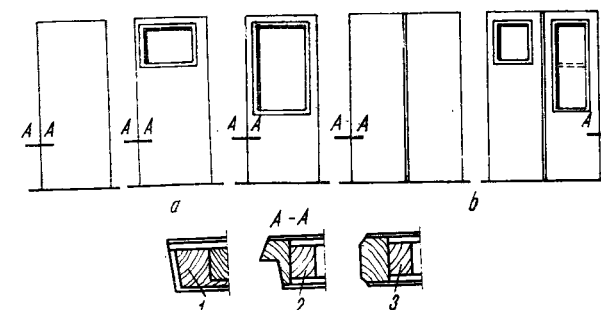
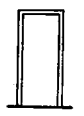
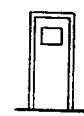
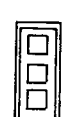
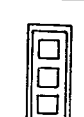
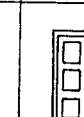


Fig. 23.41. Uși interioare cu structură celulară, folosite la construcții civile :

a - uși într-un canat ; b - uși în două canaturi ; 1 - foaie de uși fără fald ; 2 - foaie de uși cu fald ; 3 - foaie de uși cu marginile profilate.

Tabelul 23.2

Dimensiuni		Înălțimi		Lățimi								
		gol H, cm	foc h, mm	gol L, mm	foc l, mm	gol L, cm	foc l, mm	gol L, cm	foc l, mm	gol L, cm	foc l, mm	
	210	2090	70	684	70	684	-	-	-	-	-	-
			80	784	80	784	80	784	-	-	-	-
			90	884	90	884	90	884	-	-	-	-
			100	984	-	-	-	-	-	-	-	-
	190	1890	-	-	-	-	-	-	150	1484	-	-
			70	684	70	684	-	-	-	-	-	-
			80	784	80	784	80	784	-	-	-	-
			90	884	90	884	90	884	-	-	-	-
Alcătuire	Usă cu foi plane											
	Usă cu foi în tăblii											

a unei foi de ușă este de $1,00 \times 2,50$ m. Pentru construcții de locuințe și social-culturale ușile au lățimi cuprinse între 0,70 și 1,50 m și înălțimi între 1,90 m și 2,40 m;

— după funcțiunile speciale pe care le îndeplinesc, ușile pot avea un indice ridicat de protecție acustică, rol de protecție termică sau de protecție contra incendiului (antifoc).

23.2.7. CONDIȚII DE FUNCȚIONALITATE ALE UȘILOR

23.2.7.1. Izolarea termică. Ușile exterioare ca și ferestrele reprezintă elemente ale construcțiilor de minimă rezistență termică și conduc la costuri mari în exploatare pentru menținerea climatului interior necesar desfășurării activității umane. La calculele termotehnice, coeficienții la transferul căldurii prin ușile exterioare au valori între 2,3 și 5,8 $\text{m}^2\text{K/W}$, în funcție de caracteristicile constructive ale acestora. În cazul ușilor, pierderi considerabile de căldură au loc prin neetanșetăți. În figura 23.42 sînt indicate diverse sisteme de etanșare a

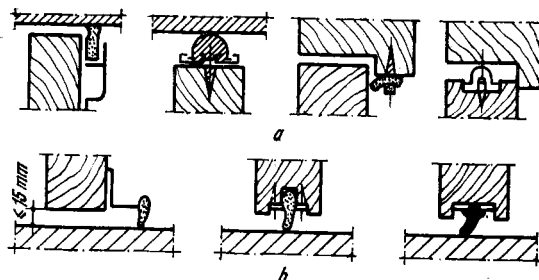


Fig. 23.42. Sisteme de etanșare a ușilor cu profiluri din metal ușor și benzi de cauciuc:
a — etanșare la extremitatea de sus și lateral; b — etanșare la partea inferioară.

ușilor la praguri, la partea de sus și lateral. În acest scop se utilizează profiluri ușoare metalice și benzi de cauciuc.

23.2.7.2. Izolarea acustică. Trecerea zgomotului dintr-un mediu închis în alt mediu este favorizată în mare măsură de întreruperile în continuitate pe care le prezintă cele două medii. Pentru acest motiv, izolarea acustică a unei încăperi depinde în mare măsură de modul în care sînt concepute ușile și ferestrele.

Proprietățile de izolare fonică a ușilor depind de greutatea lor, de modul de execuție a foii ușii și în special de etanșetatea închiderii. Valorile indicelui de reducere sonoră a unei uși cu o suprafață de 2 m^2 , în funcție de dimensiunea rostului la prag sînt cuprinse între 17 și 36 dB pentru înălțimi ale rostului cuprinse între 0,5 și 40 mm. Diferența de eficacitate în ceea ce privește izolarea fonică a ușilor, în funcție de factorii relevați se poate observa și din următoarele date comparative:

- ușile obișnuite cu două canaturi cu tăbii de placaj au indicele de reducere sonoră 10...12 dB;
- idem, cu un canat, 15 dB;
- ușile grele cu un canat cu închidere etanșă pe contur au indicele de reducere sonoră 26...28 dB;
- idem, fără închidere etanșă, 8...12 dB;
- ușile duble cu un canat au indicele de reducere sonoră 30 dB;
- idem, cu etanșare pe tot conturul, 40 dB.

Pentru o bună izolare acustică, foaia ușilor din lemn trebuie executată din dulapi ușați de 4...5 cm grosime, îmbinați în nut și feder (fig. 23.43).

O bună etanșare se obține la rosturile de pe marginea ușilor prin montarea unor garnituri de cauciuc moale (fig. 23.44).

23.2.7.3. Rezistența mecanică. Timplăria pentru uși trebuie să prezinte aceleași condiții de rezistență ca și pentru ferestre.

Fig. 23.43. Detalii de izolare fonică la uși:

a; b — închiderea ușii la rostul vertical; c — închiderea ușii la pardoseală; 1 — tăblia ușii din lemn masiv; 2 — fisli din pislă; 3 — burete de cauciuc; 4 — ramă pentru fixarea baghetei de cauciuc; 5 — baghetă de cauciuc; 6 — îmbinare în falț profilat.

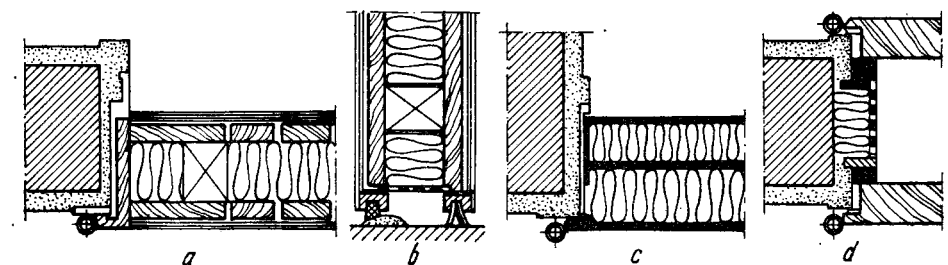
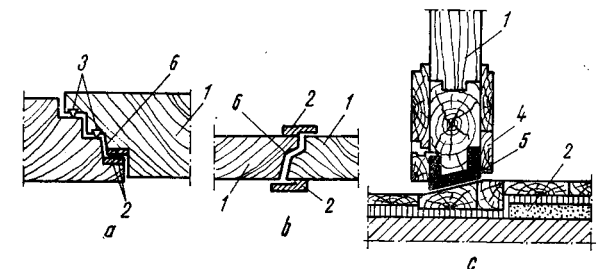


Fig. 23.44. Uși etanșe, izolate fonic:
a; b — secțiune orizontală și verticală printr-o ușă de lemn placată, cu strat interior fonoizolant; c — ușă metalică cu strat interior fonoizolant; d — ușă dublă fonoizolantă (detaliu de închidere la balama).

23.2.7.4. **Deformația și anduranța.** Încercările de deformație și anduranță se efectuează la fel ca cele pentru ferestre.

23.2.7.5. **Rezistența la foc.** Ușile reprezintă elementele cele mai slabe din punctul de vedere al protecției contra incendiilor. Gradul de rezistență la foc a ușilor incombustibile și greu combustibile este cuprins între 0,5 și 1,5 ore.

23.2.8. ALCĂTUIREA UȘILOR

Ușile sînt alcătuite din două părți principale : partea fixă, *tocul sau căptușeala*, constituită dintr-un cadru fixat în golul zidăriei și partea mobilă, denumită *foaie sau canat*.

Alcătuirea și construcția ușilor diferă în funcție de materialul din care sînt confecționate.

La construcția ușilor din lemn, tocul este realizat din dulapi de 6...7 cm grosime și 9...15 cm lățime (fig. 23.45). Tocul se îmbină cu foaia ușii în simplu falț (1,5 × 2,4 cm), cînd ușile sînt cu o singură foaie, sau în dublu falț la ușile duble. La uși simple, cealaltă parte a tocului este profilată, rotunjită sau simplu teșită. Golul zidăriei se face cu 1 cm mai mare decît tocul pentru a permite verificarea verticalității la montajul tocului. Spațiul dintre toc și perete este acoperit cu șipci profilate — *pervazuri*. Partea inferioară a tocului (pragul) se realizează din stejar pentru a avea rezistență mărită la uzură.

La încăperi principale, în locul tocurilor obișnuite se utilizează căptușeli și pervazuri care îmbracă fețele interioare ale zidurilor ce delimitează golurile ușilor. Modul de alcătuire a căptușelilor diferă după grosimea peretelui în care este dispusă ușa ; la pereți de grosimi mai mari de o cărămidă (25 cm) se folosesc căptușeli din frizuri și tăblii, ca și foaia ușii (fig. 23.46).

Ușile definitive se realizează, în general, cu foaia plină din PAL sau panel sau din tablă. O foaie de ușă în tăblii este compusă dintr-o ramă realizată din elemente verticale *frizuri* și orizontale *traverse*, în care se îmbină tăbliile alcătuite în diverse moduri (fig. 23.47). Îmbinările dintre elementele ramei se realizează în cep și se încheiază, iar tăbliile se realizează din placaj sau scinduri de 2...2,5 cm grosime și se îmbină cu rama în cep.

La uși în două canaturi foile se îmbină în falț cu tocul, iar la mijloc fie în falț la jumătatea lemnului, fie folosindu-se șipci de lovire — *slaglaisten* (fig. 23.48).

Ușile interioare cu geamuri pot fi realizate în unul sau două canaturi (fig. 23.49). Geamurile se fixează cu chit sau cu șipci (ștaburi), bătute în ținte. La ușile

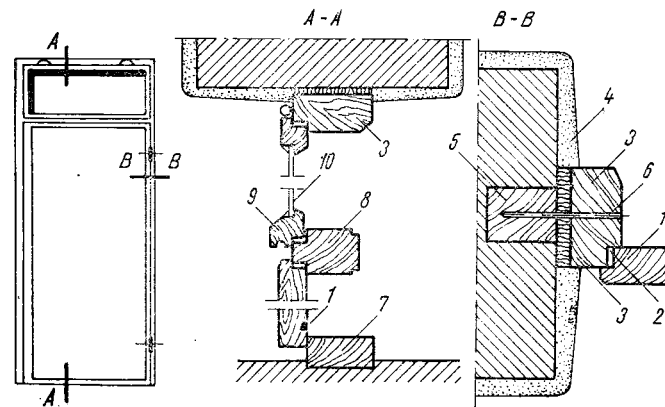


Fig. 23.45. Ușă cu foaia din lemn masiv și cu geam la partea superioară :

1 - foaia ușii din lemn masiv ; 2 - falț pentru îmbinarea foil ușii cu tocul ; 3 - toc ; 4 - tenculă ; 5 - ghermea ; 6 - cui pentru fixarea tocului în ghermele ; 7 - prag din lemn de esență tare ; 8 - chemfer ; 9 - cercevea ; 10 - geam.

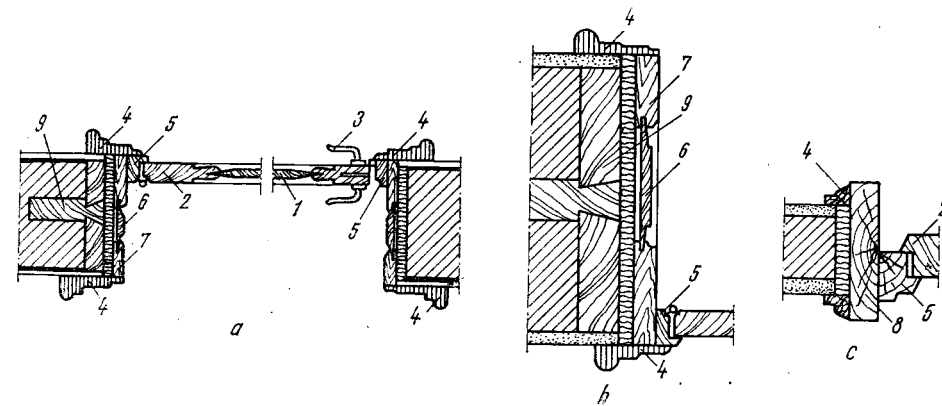


Fig. 23.46. Ușă în tăblii cu căptușeli :

a - secțiune orizontală ; b - detaliu de căptușeală în tăblii ; c - detaliu de căptușeală din lemn masiv ; 1 - tăblia ușii ; 2 - frizul ușii ; 3 - drucker ; 4 - pervaz profilat ; 5 - tocul ușii ; 6 - tăblia căptușelii ; 7 - frizul căptușelii ; 8 - căptușeală din lemn masiv ; 9 - ghermea în coadă de rîndunică.

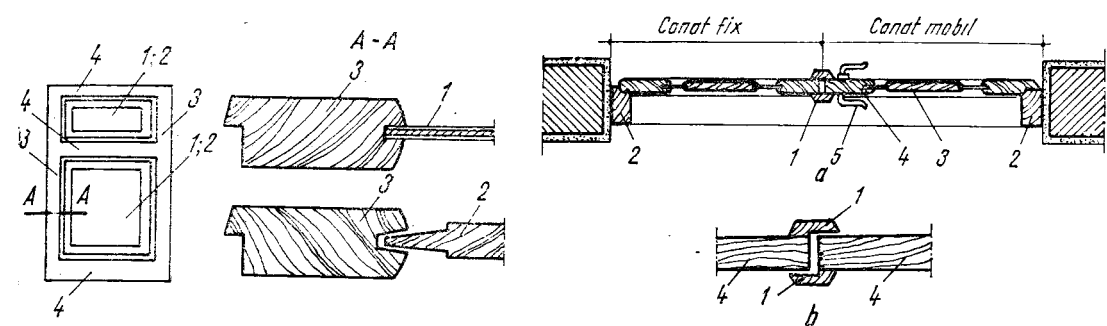


Fig. 23.47. Foaie de ușă cu tăblii :

1 - tăbii din placaj ; 2 - tăbii din lemn masiv ; 3 - friz ; 4 - traversă.

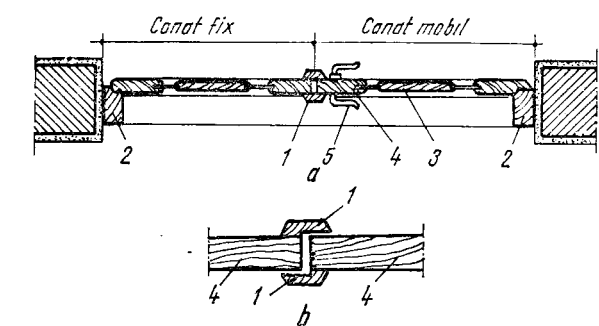
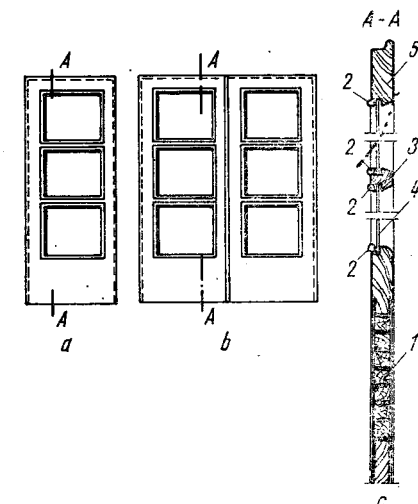


Fig. 23.48. Ușă în două canaturi :

a - secțiune orizontală ; b - detaliu de îmbinare la mijloc cu șipci de lovire ; 1 - șipcă de lovire ; 2 - toc ; 3 - tăbii ; 4 - friz ; 5 - drucker.

Fig. 23.49. Ușă interioară cu geamuri :

a - ușă într-un canat ; b - ușă în două canaturi ; c - secțiune verticală ; 1 - parapetul ușii ; 2 - șipcă pentru fixarea geamului ; 3 - spros orizontal ; 4 - geam ; 5 - friz.



exterioare, partea cu geam se poate face mobilă, cu cercevea simplă de fereastră, frizurile ușii servind drept toc. La uși se folosesc geamuri obișnuite, 2...3 mm grosime, geamuri bizotate (cu muchia teșită), ornament, jivrate sau mate.

Feroneria necesară pentru manevrarea ușilor și fixarea lor în poziție închisă este constituită din :

- balamale îngropate având mărimile 9 ; 10 ; 12 cm înălțime și cu două sensuri de deschidere, stînga sau dreapta ;
- balamale aplicate-pomele, cu mărimile 8 ; 11 ; 14 sau 16 cm, cu două sensuri de funcționare, stînga sau dreapta ;
- paftale (balamale aplicate), folosite la uși dulgherești, porți etc.

Pentru fixarea ușilor în poziție închisă se folosesc broaște aplicate (fig. 23.50), formate dintr-o cutie de metal, în interiorul căreia se găsește mecanismul de închidere sau broaște îngropate care sînt caracterizate prin aceea că mecanismul de închidere se introduce într-un locaș săpat în muchia frizului ușii. Pentru fixarea în poziție închisă a canaturilor se folosesc zăvoare îngropate cu nucă alunecătoare sau cu pîrghie basculantă și zăvoare aplicate pe foaia ușii cu cuie sau șuruburi.

Ușile metalice se utilizează în special la construcții industriale sau ca uși de intrare la clădiri de locuit și social-culturale. Ca și cele din lemn, ușile metalice sînt formate din două părți : ușa propriu-zisă sau foaia ușii, care este partea mobilă și tocul care este partea fixă. Ușile metalice se pot alcătui din profiluri laminate la cald cu foaia din tablă de oțel, plină (fig. 23.51) sau cu geam. Tocul

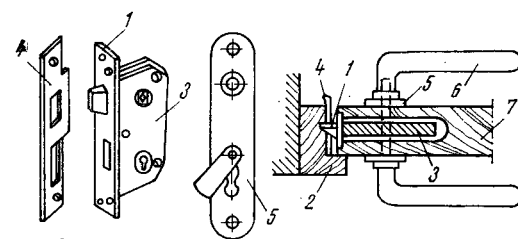


Fig. 23.50. Broască îngropată :

1 - tăblită pe foaia ușii ; 2 - toc ;
3 - broască îngropată ; 4 - tăblită pe toc ; 5 - șild ; 6 - drucker ;
7 - foaia ușii.

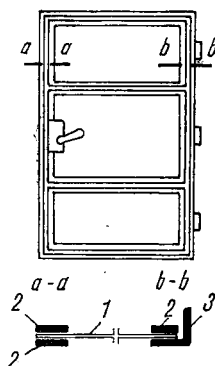


Fig. 23.51. Ușă metalică din profiluri laminate cu foaia plină, din tablă de oțel :

1 - foale din tablă de oțel ;
2 - frizuri din oțel lat ;
3 - friz din profil cornier.

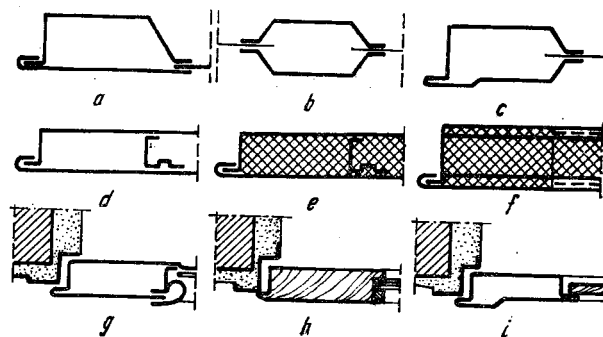


Fig. 23.52. Uși metalice :

a ; b ; c - cu o singură foale ; d - cu două foi ; e ; f - uși metalice cu două foi și termoizolație rezistentă la foc ; g - ușă metalică pentru clădiri de locuit ; h - ușă pentru clădiri de locuit pe toc metalic și foale din lemn ; i - ușă cu toc și ramă metalică și tăbli din lemn.

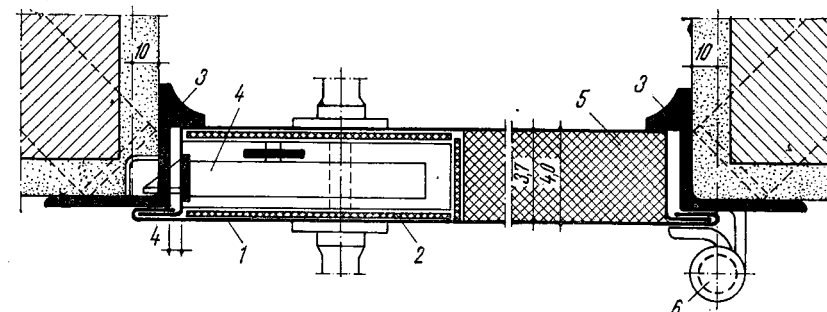


Fig. 23.53. Secțiune orizontală printr-o ușă metalică antifoc :

1 - foale din tablă ; 2 - foale de fibrociment ; 3 - toc metalic ; 4 - broască îngropată ; 5 - umplutură din kieselgur calcinat ; 6 - balama.

poate fi executat din profil U, cornier, profil T sau oțel lat. Foaia ușii are o ramă din oțel profilat, care poate fi executată din oțel cornier sau profil T, de 30 până la 50 mm, sau din două benzi de oțel. Pe această ramă se fixează prin nituire sau sudare o foaie de tablă de 1,5 sau 2 mm grosime. Ușile metalice se pot realiza și din tablă presată de 2 mm grosime reproducind forma ușilor din lemn pe toc (fig. 23.52). Întrucît ușile metalice au o rezistență mică la trecerea căldurii, spațiul dintre cele două foi de tablă se poate completa cu material termoizolant.

Ușile metalice care cuprind între cele două foi de tablă o umplutură din material incombustibil (azbest, argilă, vată minerală, vată de sticlă etc.) se pot utiliza ca elemente antifoc. Ușile antifoc se pot realiza din profiluri laminate obișnuite sau din profiluri speciale pentru toc și frizuri și din două foi de tablă presată pentru foaia ușii (fig. 23.53).

Capitolul 24

ZUGRĂVELI ȘI VOPSITORII. ELEMENTE DE TEORIA CULORILOR

24.1. ROLUL CULORII ÎN FINISAREA CONSTRUCȚIILOR

24.1.1. CONSIDERAȚII GENERALE

Una din problemele importante ale finisării construcțiilor civile, social-culturale și industriale o constituie alegerea judicioasă a culorilor pereților și tavanelor, a tâmplăriei, a instalațiilor și utilajelor.

Culoarea este un mijloc de compoziție arhitecturală ce are rolul de a contribui la desfășurarea procesului de producție, la exprimarea cerințelor psihologice, fizice, plastice și economice ale clădirilor, ale construcțiilor și ansamblurilor urbane.

Încă în arhitectura antichității s-a folosit, în plastica construcțiilor, monocromia și policromia la pictura murală, cărămizile, fresca, teracota și mozaicurile colorate etc.

Arhitectura feudală se caracterizează prin apariția clădirilor cu schelet de lemn colorat, vizibil la fațade, prin utilizarea frescelor și a picturilor murale exterioare și interioare.

În arhitectura noastră populară ca și în cea a bisericilor pictate din Moldova se remarcă bogăția de culori a motivelor ornamentale ale frescelor exterioare, a cărămizilor, a discurilor smălțuite și a țiglelor divers colorate, utilizate frecvent în plastica exterioară, cu efecte de mare sensibilitate și autenticitate.

În arhitectura modernă, culoarea este un element esențial în asigurarea unei ambianțe optime în interiorul clădirilor și a unei plastici exterioare a construcțiilor cu rezultate favorabile tehnice și economice la execuție și cu efecte decorative, estetice, economice și de siguranță în exploatare.

24.1.2. ELEMENTELE CULORII

Senzația de culoare este legată de impresionarea ochiului datorită luminii. Culoarea și lumina în natură sînt forme de manifestare ale aceluiasi fenomen fizic. Newton a descoperit faptul că lumina ce caracterizează culoarea albă este alcătuită din șapte culori componente, definite prin lungimi de undă cuprinse între 760 mμ (roșu) și 400 mμ (violet), ce alcătuiesc întreaga gamă spectrală a culorilor vizibile. Radiațiile cu lungime de undă sub 400 mμ caracterizează întunericul și reprezintă radiațiile calorice; radiațiile cu lungime de undă mai mare de 760 mμ caracterizează fenomenele ondulatorii complexe din univers.

Senzațiile de culoare provin de la două surse diferite: de la *lumina naturală* (pură), ce este în funcție de lungimea de undă incidentă și de la *lumina reflectată* de corpurile ce ne înconjură și care depinde de lungimea de undă reflectată, compoziția materiei și de pigmentația suprafeței exterioare a corpurilor.

Culoarea este o radiație caracterizată printr-o anumită lungime de undă, cu efect fiziologic asupra retinei oculare sub acțiunea unei surse luminoase. Vibrațiile de culoare (lumina) se caracterizează prin lungime de undă și amplitudine.

Lungimea de undă, λ , caracterizează calitatea energiei radiante și deci culoarea, iar amplitudinea radiației, A , o determină cantitativ, definind strălucirea sau luminozitatea (fig. 24.1).

Tenta culorii sau culoarea este determinată de lungimea de undă ce caracterizează culorile spectrului luminos (roșu, portocaliu, galben, verde, albastru, indigo și violet) și combinațiile acestora. La bază există, de fapt, trei culori (galben, roșu și albastru) din care în mod teoretic se obțin toate celelalte, inclusiv culoarea albă prin recompunerea acestor culori de bază. Amestecînd cîte două din culorile de bază se obțin culorile compuse de gradul I și anume: galben și roșu = portocaliu; roșu și albastru = violet; galben și albastru = verde; prin combinația a cîte două culori compuse de gradul I se obțin culorile compuse

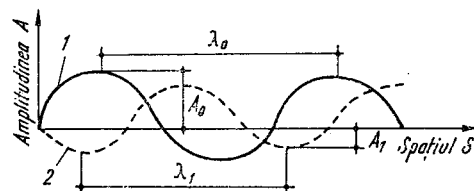


Fig. 24.1. Lungimea de undă și amplitudinea radiației de lumină:
1 — unda directă; 2 — unda difuză.

de gradul II și anume: portocaliu și violet = maro roșcat; violet și verde = gri-bleu; verde și portocaliu = ocră. În afară de aceste culori trebuie menționată culoarea albă, care reprezintă lumina teoretic pură și culoarea neagră, care caracterizează obscuritatea absolută. După unii autori, ochiul omenesc poate distinge 150...200 culori ce s-au putut delimita în spectrul luminos.

O altă calitate a culorii este *puritatea* ce indică proprietatea acesteia de a fi mai concentrată sau mai pală, fiind dependentă de raportul tentei față de culoarea albă sau neagră. Puritatea culorii depinde de uniformitatea lungimilor de undă percepute; cu cît lungimile de undă radiate de corpul colorat sînt mai uniforme cu atît culoarea este mai pură.

Luminozitatea sau *strălucirea culorii* este proprietatea acesteia de a fi mai mult sau mai puțin vie și depinde de amplitudinea undelor luminoase și de cantitatea de lumină reflectată.

Luînd în considerare că ochiul omenesc distinge 150 tente în spectrul luminii și că pentru fiecare tentă sînt posibile 10 variații ale saturației culorii și 10 variații ale luminozității, rezultă în total $150 \times 10 \times 10 = 15\,000$ tente posibile. După M u n s e l l determinarea culorilor se poate face prin denumirea tentei însoțită de doi coeficienți numerici, unul pentru intensitate și altul pentru saturație.

24.1.3. CULOAREA ÎN CONSTRUCȚIILE CIVILE

La utilizarea culorii în construcțiile civile prezintă importanță alegerea culorii de bază, cunoașterea culorilor complementare, analiza efectelor de fuziune și radiație, determinarea efectelor psiho-fizice ale senzațiilor de culoare, raportul dintre culoare și spațiu, capacitatea de reflexie a suprafețelor colorate, armonizarea culorilor și relația dintre culoare și lumina artificială. Cerințele de plastică în construcțiile civile se bazează, în general, pe folosirea efectelor a două sau mai multe culori. În cazul folosirii a două culori în același cadru, prezintă importanță alegerea culorilor care se susțin una pe cealaltă, a culorilor complementare, care prin contrast prezintă efectele cele mai vii. Culorile complementare C se pot obține prin combinarea a cîte două culori compuse de gradul I situate în virfurile opuse a două triunghiuri echilaterale înscrise într-un cerc (fig. 24.2). Astfel, culoarea portocaliu apare mult mai intensă pe fond albastru, culoarea verde pe fond roșu și culoarea galben pe fond violet.

La utilizarea a două culori alternative, trebuie să se țină seama de efectele de fuziune și iradiație a culorilor. Astfel, în cazul a două culori pe suprafețe învecinate, ochiul poate vedea o a treia culoare, compusă din cele două și diferită de ambele culori; acest fenomen de fuziune a culorilor depinde de mărimea suprafețelor ce se colorează și de distanța de la care sînt privite.

Prin fenomenul de iradiație se are în vedere faptul că formele colorate în culori deschise par mai mari, iar cele colorate în culori închise par mai mici.

Culorile au efecte variate de ordin psihic asupra omului, fapt de care trebuie să se țină seama în practică. Astfel, culorile din jurul galbenului sînt luminoase și calde (fig. 24.3), iar cele din jurul violetului dau senzații de întunecat și rece. Alegerea culorilor la finisajele construcțiilor se face după calitatea lor de a fi luminoase sau întunecate, în raport cu cerințele de a micșora sau mări cantitatea

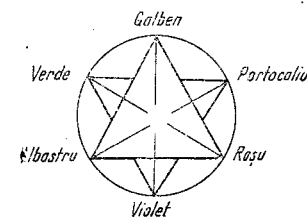


Fig. 24.2. Culori complementare.

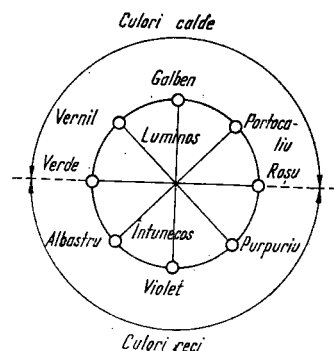


Fig. 24.3. Determinarea efectelor psihice ale culorilor.

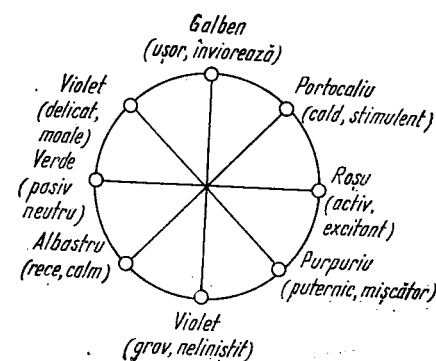


Fig. 24.4. Sentimentele determinate de culoare.

de lumină în încăperi sau în funcție de poziția exterioară sau interioară a finisajelor.

Unele experimentări au arătat că, culoarea roșu prin radiațiile sale vecine în spectru cu infraroșu poate declanșa procese fizico-chimice în organismul omenesc, care măresc tensiunea musculară și presiunea sanguină și influențează respirația. Culorile simple, pure ca și cele compuse prin tonalitatea lor, determină reacții și sentimente variate. Astfel culoarea galben înviorează, portocaliul stimulează, roșul excită, verdele este pasiv, albastrul calmează, iar violetul este depresimant (fig. 24.4). Culorile în tonuri deschise generează, în general, optimism, în timp ce culorile în tonuri închise generează monotonie, tristețe.

Formele arhitectonice interioare și exterioare trebuie subliniate prin culori care acționează asupra efectelor de suprafață și volum și, în general, asupra spațiului încăperilor la interior și asupra volumelor la exterior. Astfel, culorile deschise măresc volumul încăperilor, în timp ce culorile închise îl micșorează; la culoare și scări se vor evita culorile închise atât din motive de lumină, cât și din cerințe psihologice. Alegerea culorilor la diferite elemente de construcție se face și în raport cu cerințele funcționale, astfel culorile închise pot fi adoptate pentru elementele de rezistență (stilpi), iar tonurile deschise, pentru tavane. La alegerea culorilor se va ține seama și de aspectul suprafețelor materialelor; astfel, materialele fibroase nu suportă culori prea vii, iar redarea culorilor depinde de faptul dacă suprafața este strălucitoare sau mată, granulată sau netedă. Culorile calde pentru uși conduc la impresia de spațiu închis, în timp ce culorile închise accentuează funcția de deschidere. Alegerea culorilor pereților se face și în raport cu înălțimea încăperilor, iar adoptarea la soclu a culorilor diferite față de restul pereților trebuie ordonată cerințelor funcționale și de armonizare policromă. Pardoselile se pot realiza în două sau mai multe culori, în timp ce pereții se pretează mai puțin la culori diferite. Culoarea pardoselilor poate fi mai închisă în timp ce culoarea tavanului trebuie să fie deschisă — culoarea soarelui, a cerului. Culoarea alb exprimă curățenie, dar este o culoare rece, cu mare putere de reflexie a luminii, ce poate fi folosită la separarea a două culori contrastante.

Culorile mobilierului, ale obiectelor și ale elementelor încăperilor trebuie să predisună la curățenie, să trezească optimism, armonie între ele și cu mediul ambiant. Trebuie, de aceea, să se recurgă la culori care să evoce zilele însorite sau verdele naturii, în tonuri diverse și combinații de galben-ocru, verde pal,

portocaliu, galben-verzui, care să conducă la efecte plastice majore atât în ce privește ambianța interioară cât și în raport cu încadrarea clădirilor în mediul urbanistic existent sau în natura înconjurătoare.

Culorile nu pot fi percepute fără lumină, dar în același timp trebuie să se aibă în vedere că lumina influențează această percepere. Astfel, lumina naturală are capacitatea de a reflecta toate culorile în aceeași proporție, iar lumina artificială (incandescentă, cu arc voltaic, cu vapori de mercur și cea fluorescentă) nu cuprinde toate culorile spectrului solar și în aceleași proporții cu lumina naturală. Iluminarea artificială generală și cea locală trebuie astfel combinate, încât să se evite contrastele puternice și efectele de umbră.

La alegerea culorilor pentru finisajele interioare și exterioare, trebuie să se țină seama de puterea de reflexie a suprafețelor colorate care reflectă radiațiile corespunzătoare culorii lor. Folosirea culorilor în scopul măririi luminii depinde și de puterea lor de reflexie; astfel, culoarea albă are o putere de reflexie de 100%, iar culoarea neagră de 0%. În raport cu materialele folosite, capacitatea de reflexie la tavane este de 70%, la pereți de 50% și la pardoseli de 15%. În tabelul 24.1 se prezintă valorile factorului de reflexie pentru diferite mate-

Tabelul 24.1

Nr. crt.	Materiale	Factor de reflexie, %	Nr. crt.	Culori	Factor de reflexie, %
1	Aluminiu	83	1	Galben	70
2	Asfalt uscat	20	2	Crem	70
3	Beton uscat	32	3	Ocru deschis	60
4	Căramidă roșie	18	4	Portocaliu	30
5	Piatră gălbuie	35	5	Maro deschis	25
6	Stejar natur	33	6	Bej	25
7	Hirtie albă	84	7	Roșu carmin	10
8	Tablă galvanizată	66	8	Violet închis	5
			9	Albastru deschis	40
			10	Verde gălbui	60

riale și culori. Alegerea judicioasă a materialelor și culorilor poate constitui un mijloc eficace pentru îmbunătățirea condițiilor de iluminare a încăperilor, de plastică interioară și exterioară, de confort și ambianță adecvată. În domeniul construcțiilor de locuințe, culoarea poate acționa asupra cadrului spațiului interior, asupra mobilierului, asupra compoziției urbanistice de ansamblu prin ruperea monotoniei și prin încadrarea armonioasă în natură și în peisajul urban existent.

Tratarea coloristică interioară și exterioară a locuinței are efecte de ordin psihologic în măsură să determine calitatea în exploatare a clădirilor și să influențeze favorabil cerințele și condițiile de viață ale omului.

24.2. SPOIELI. ZUGRĂVELI. VOPSITORII. PICTURĂ. TAPETE

24.2.1. CONDIȚII DE FUNCȚIONALITATE. CLASIFICARE

Lucrările de acoperire a tencuielilor, a suprafețelor de lemn, beton sau metal cu strat de protecție, în diferite culori, alcătuiesc spoielile, zugrăvelile și vopsitoriile [56].

Aceste lucrări de finisaje îndeplinesc funcțiunile :

- *de protecție*, în special contra umidității climatice, la interior sau la exterior, cum sînt vopsitoriile pe gleturi, vopsitoriile pieselor metalice și ale elementelor de lemn ;

- *igienic*, atunci cînd cerința principală este de a asigura întreținerea în bune condițiuni și cu cheltuieli minime a unor încăperi cu destinație publică sau cu frecvență mare de utilizare ca : bucătării, băi, spălătorii la clădiri de locuit, anumite încăperi din gări, spitale, școli, cămine, WC-uri publice etc. ;

- *decorativ*, cînd prin aplicarea finisajului se urmăresc în mod deosebit efecte estetice, psihologice ;

- *de protecție ignifugă*, ce interesează în special în cazul materialelor combustibile, cum este lemnul, care se protejează contra focului.

Pentru realizarea finisajelor sub formă de văruieli se folosește lapte de var (pastă de var diluată), iar la zugrăveli și vopsitorii se folosesc vopsele, ce sînt amestecuri între coloranți și lianți.

După natura liantului, vopselele pot fi :

- *preparate cu apă*, apă cu clei, clei de cazeină, denumite vopsele de apă, iar lucrările poartă numele de zugrăveli ;

- *preparate cu ulei de in*, înlocuitori sau emulsii, denumite vopsele de ulei, iar lucrările de vopsire, vopsitorii de ulei sau simplu, vopsitorii ;

- *preparate cu lacuri*, lucrarea de vopsire numindu-se lăcuire ;

- *pe bază de materiale sintetice* (materiale plastice).

24.2.2. MATERIALELE UTILIZATE LA LUCRĂRILE DE ZUGRĂVELI ȘI VOPSITORII

Pentru prepararea materialelor necesare la zugrăveli și vopsitorii se folosesc : coloranți, lianți, materiale auxiliare, vopsele gata preparate.

24.2.2.1. **Coloranții.** Sînt substanțe colorate, insolubile în diluanții sau solvenții cu care se folosesc. Calitățile pe care trebuie să le prezinte coloranții sînt :

- putere de acoperire, respectiv capacitatea de a acoperi alt colorant ;
- capacitate de colorare, respectiv calitatea unui colorant de a da culoarea sa altui material cu care se amestecă ;

- rezistență în timp, definită prin calitatea de a-și păstra culoarea sub acțiunea razelor solare ;

- capacitatea de reținere a uleiului, adică de a se lega cu o anumită cantitate de ulei la prepararea vopselelor prin amestecare, influențată de finețea de măcinare.

Coloranții nu trebuie să fie nocivi la execuție, trebuie să reziste la acțiunea alcaliilor dacă se aplică pe tencuieli de var, să nu conțină săruri solubile care, după uscare, pot produce pete, eflorescențe și să nu fie corosivi, adică să nu atace metalele și, în general, suportul pe care se aplică.

După natura lor, coloranții pot fi naturali sau sintetici.

În construcții se utilizează următorii coloranți :

- *coloranți albi* : albul de zinc (oxid de zinc) cu mare putere de acoperire, netoxic ; albul de plumb, cu putere mare de acoperire, dar care se înnegrește și este toxic ; carbonatul de calciu (cretă) utilizat la zugrăveli ; oxidul de calciu (varul) utilizat la văruieli ;

- *coloranți galbeni* : ocrul galben, cu mare putere de acoperire, realizat din argilă naturală și oxid de fier ; ocrul ars, preparat prin calcinarea ocrului galben ; crom, în nuanțe diferite, în funcție de natura sărurilor acidului cromatic ;

- *coloranți roșii* : miniul de fier obținut din minereuri de fier prezintă o bună protecție contra ruginii, nu este însă stabil descompunîndu-se sub acțiunea luminii ; miniul de plumb, obținut prin calcinarea oxidului, utilizat pentru protecția metalelor contra ruginirii ; cinabru natural, care este toxic și cinabru artificial care este rezistent și cu putere mare de acoperire ; ocrul roșu, obținut prin calcinarea ocrului galben ;

- *coloranți maro* : siena, siena arsă, obținuți prin calcinarea argilei cu adaosuri diferite ;

- *coloranți albaștri* : ultramarinul, azurul, cobaltul, rezistenți la lumină ;

- *coloranți verzi* : malachit, verde de crom, culori puțin rezistente ;

- *coloranți negri* : negrul de fum, obținut prin arderea incompletă a uleiului, păcurii, smoalei, materiilor lemnoase ; osul ars, obținut prin măcinarea fină a oaselor arse ; peroxidul de mangan ;

- *coloranți metalici* : pulberi de aur, argint, aluminiu, bronz.

22.2.2.2. **Lianții.** Au rolul de a lega vopselele între ele și de a asigura aderența la stratul suport. Se clasifică astfel :

- *lianți pentru vopsele cu apă* (zugrăveli) ;

- *lianți pentru vopsele de ulei* și alte compoziții, fără apă.

Lianții pentru zugrăveli sînt apa simplă, apa cu cleiuri animale, cleiuri vegetale sau anumiți silicați (ciment, var).

La lucrările de zugrăveli și vopsitorii se folosesc :

- *cleiuri animale*, sub formă de plăci sau pastă, extrase din oase, piei etc. ;
- *cazeină*, clei animal, sub formă de praf obținut din lapte ;
- *cleiuri vegetale*, obținute din cartofi, grîu, secară ;
- *silicați*, cum este sticla solubilă ;
- *var* ;
- *ciment* ;
- *uleiuri naturale* cum sînt uleiul de in și cîneșă ce se usucă în 24 ore ; prin adaos de sicativ (terebentină) se obține micșorarea duratei de uscare.

24.2.2.3. **Materiale auxiliare.** Sînt folosite pentru lucrările de zugrăveli și vopsitorii :

- *sicativii* cu rol de a grăbi uscarea ; în proporție de 2 ... 11 % în compozițiile de ulei, micșorează timpul de uscare la 8 ... 12 ore ;

- *săpunul*, indicat la spălarea de praf și funingine a suprafețelor vechi ce urmează a fi din nou zugrăvite, ca adaos în vopselele cu var și cazeină pentru a le mări calitatea, iar împreună cu clei servește drept grund la vopsele cu apă ;

- *sulfatul de cupru* (piatra vinătă), dizolvat în apă este utilizat la spălarea tencuielilor și a lemnului pentru distrugerea ciupercilor ;

- *calaicanul* și *hidrații de aluminiu* se adaugă în vopselele de apă pentru a le mări rezistența și pot înlocui sulfatul de cupru în stratul de grund ;

- *carbonatul de sodiu* servește pentru spălarea suprafețelor afumate ;

- *acidul clorhidric*, în soluție de 1 ... 2 % se utilizează la spălarea fațadelor de cărămidă aparentă și de piatră ;

- *ceara naturală* dizolvată în spirt, benzină sau terebentină obținîndu-se emulsii pentru obținerea unor vopsele rezistente.

Pentru curățirea și șlefuirea suprafețelor, în vederea aplicării zugrăvelilor și vopsitoriilor, se folosește spumă de mare, hîrtie sticlată.

24.2.2.4. **Lacurile, emailurile și vopselele.** Sînt produse gata preparate care se folosesc la lucrările de vopsitorii aplicate sub formă de pelicule, după cerințele tehnice, estetice și igienice ale lucrărilor. Se pot clasifica astfel :

- după modul de aplicare : cu pensula, prin stropire, prin stropire la cald, stropire în câmp electrostatic etc.;
- după natura suprafeței care se vopsește : din beton, mortar, metal, sticlă, materiale plastice etc.
- după scopul urmărit : protecție contra apei, protecție anticorozivă, protecție contra focului etc.;
- după poziția straturilor din sistemul de vopsire, lacurile și vopselele se clasifică în : grunduri, chituri, grunduri de culoare, vopsele, emailuri și lacuri;
- după natura produsului de bază, lacurile și vopselele pot fi : produse pe bază de uleiuri vegetale care formează pelicule printr-un proces de uscare chimic ; produse pe bază de derivați celulozici, care formează pelicule printr-un proces de uscare fizică ; produse pe bază de rășini naturale sau sintetice, care formează pelicule pe baza unor procese fizice sau chimice ; produse pe bază de lianți solubili în apă sau care conțin apa ca dispersant.

Lacurile sînt soluții de derivați celulozici, rășini naturale (șerlac, copal, colofoniu etc.), substanțe bituminoase sau rășini artificiale în solvenți organici, cu sau fără adaos de uleiuri vegetale, care după uscare constituie pelicule transparente, lucioase. Nitrolacurile sînt soluții de nitroglicerina în dizolvanți care se usucă foarte repede.

Emailurile sînt lacuri pigmentate cu pigmenți anorganici sau organici, cu sau fără adaos de materiale de umplutură, care după uscare reprezintă pelicule colorate, netede și lucioase.

Grundurile sînt dispersii de pigmenți și materiale de umplutură în uleiuri sau lacuri, obținându-se pelicule dure și mate.

Chiturile sînt constituite din lacuri cu adaos mare de pigment și material de umplutură, obținînd după uscare straturi dure cu aspect mat, ușor de șlefuit.

Grundurile de culoare sînt dispersii de pigment și materiale de umplutură în lacuri sau uleiuri, cu o proporție de pigmenți intermediară între aceea a grundului sau a vopselei de culoare ce constituie stratul următor.

Vopselele sînt dispersii de pigmenți sau pigmenți și materiale de umplutură în diferite substanțe pelculogene. Ele sînt colorate și acoperitoare, iar după uscare conduc la pelicule cu aspect semimat sau semilucios.

Dizolvanții se folosesc pentru a asigura consistența la execuție a vopselelor. Cei mai utilizați sînt : terebentina, obținută prin distilarea uscată a lemnului de conifere ; white-spirt sau benzină de lac, obținută prin distilarea păcurii ; benzol, obținut prin distilarea cărbunilor de pămînt.

24.2.3. VĂRUIELI ȘI ZUGRĂVELI

24.2.3.1. **Văruieli.** În vederea aplicării spoielilor și zugrăvelilor, suprafețele suport se prelucurează în mod special, în funcție de materialul suportului, modul de finisare, compoziția vopselei, condițiile de exploatare (interioare sau exterioare), starea suprafeței (dacă a mai fost sau nu zugrăvită).

Cea mai simplă zugrăveală este *văruiala* sau *spoiala realizată cu lapte de var*, stins de cel puțin 10 zile și trecut prin sită. Se pot adăuga coloranți rezistenți la alcalii, în cantitate de cel mult 10 %. După ce s-a pregătit suprafața de spoit prin șlefuire cu hîrtie sticlă, se udă bine, după care se aplică văruiala în 2 sau 3 straturi, stratul nou realizîndu-se numai după uscarea stratului anterior. Laptele de var se prepară dozîndu-se 5 l de apă la 1 kg pastă de var. Pentru a

obține suprafețe netede se adaugă ipsos în laptele de var, în proporție de 10 %. Pentru a mări aderența la perete, se poate adăuga 1 kg lapte de vacă sau dextrină la 10 kg lapte de var ; aderența la suport poate fi mărită și prin adaos de clei, sare sau ulei de in. Pentru mărirea durabilității, se pot adăuga oxizi metalici. Primul strat de var, de amorsare, cu adaos de ulei de in ce asigură aderența la stratul suport, se numește *pacioe*.

24.2.3.2. **Zugrăveli simple.** Se realizează manual sau mecanic din vopsele de apă și clei și se aplică obișnuit pe tencuieli de var, după șlefuirea stratului suport. Crăpăturile și fisurile se chituiesc cu ipsos, după care se șlefuiască cu hîrtie sticlă. Pe suprafețele chituite și șpacuite se aplică stratul de grund din humă, clei și colorant, se spală cu soluție diluată de săpun și apoi se aplică straturile de zugrăveală preparate cu clei animal, în 2 ... 4 reprize, pînă se obține culoare omogenă. Tavanele albe se realizează cu praf de caolin sau alb de zinc. Pe tencuieli de ipsos sau glet de ipsos, suprafața de zugrăvit se chituiește cu ipsos și se spoiește cu emulsie de clei animal.

Pe suportul astfel pregătit se aplică 2 ... 4 straturi de vopsea preparată cu clei animal, pînă se obține culoare uniformă.

24.2.3.3. **Zugrăveli cu modele (tapetate).** Pe zugrăvelile simple, în diferite culori, servind ca fond, se pot realiza modele, tapete sau desene colorate care imită lemnul, piatra, stofa, elemente din natură, folosindu-se :

- aplicarea vopselelor cu rulouri și bureți de cauciuc sau cu pensule șablo-niere ;
- stropirea cu pensula sau cu aparatele de stropit ;
- aplicarea vopselelor pe șabloane tăiate în hîrtie sau carton presat îmbibat cu ulei, cu diferite desene.

24.2.4. CALCIO-VECCHIO

Este sistemul de finisare a pereților și tavanelor obținut prin reliefuri mici, șlefuite și vopsite cu culori de apă sau ulei, care, în funcție de liantul utilizat, poate fi :

— *calcio-vecchio cu apă*, aplicat pe pereți driscuiți, tratați cu soluție de clei în două straturi și realizat din pastă preparată din humă, ipsos de modelaj, clei, lac și ulei de in. Pentru a se obține reliefurile dorite, pasta se bate cu perii speciale. După uscare se freacă cu hîrtie sticlă, se spală cu soluție de săpun și se aplică culoarea dorită ca la zugrăveli obișnuite. Pe suprafața zugrăvită se poate aplica cu cîrpe moi, ceară dizolvată în benzină, după care se lustruiește prin frecare cu peria ;

— *calcio-vecchio cu ulei*, preparat în același mod, numai că în loc de culoare de apă se dă un strat de ulei și 1 sau 2 straturi din culoarea de ulei ; după uscare se aplică un strat transparent de ulei (lazor), care se freacă cu cîrpe moi.

24.2.5. VOPSITORII DE ULEI

La finisajele de vopsitorii se disting pregătirea suprafeței suport și lucrările propriu-zise de vopsitorie. Pregătirea suportului în vederea aplicării vopsitoriei implică : curățirea cu peria a suprafeței de vopsit ; deschiderea crăpăturilor, reparația și chituirea lor ; șpacuirea, adică netezirea suprafeței, cu ipsos la pereți și cu chit la lemn ; șlefuirea suprafețelor cu hîrtie sticlă.

După natura suportului pe care se aplică, se disting următoarele tipuri de vopsitorii: pe tencuială, pe beton, pe lemn, pe metal.

La strat suport de tencuială în cazul mortarelor de var, suprafața se netezește cu ipsos și se șlefuieste cu hirtie sticlă. Tencuielile cu glet de var sau de ipsos se șlefuiesc cu hirtie sticlă și se grunduiesc cu ulei de in fiert.

După uscare, se aplică un strat de chit de lac, se șlefuieste și se aplică primul strat de vopsea, se chituiește din nou cu chit de lac, se șlefuieste și se aplică al doilea strat de vopsea. Aplicarea vopselelor se face în 3 ... 5 straturi până se obține o suprafață lucioasă, fără pete. Prepararea vopselelor se face cu alb de zinc cu coloranți. Ultimul strat poate fi lac sau email care permite obținerea unei suprafețe lucioase.

La suport de lemn, în cazul tâmplăriei, de exemplu, grundul se aplică la fabrică sau atelier. Pe șantier, se aplică vopseaua în mai multe straturi. În vederea aplicării vopselei, suprafața se șpacluiește cu chit de lac, îmbinările se chituiesc și se șlefuiesc cu hirtie sticlă. La lucrări interioare se folosește chit din ipsos și ulei, iar la lucrări exterioare, chit de clei. După uscarea chitului și a șpacluierilor și după pregătirea suportului prin șlefuire, se aplică vopseaua în trei straturi.

La vopsitorii de interior se folosesc vopsele pe bază de alb de zinc și coloranți, iar la lucrări exterioare, pe bază de alb de plumb.

În cazul folosirii vopsitoriilor cu imitație de lemn (flader) al treilea strat de vopsea se realizează cu lazur ce imită culoarea lemnului. Pentru protejarea și finisarea lemnului se mai poate folosi băițuirea, ceruirea, lăcuirea sau lustruirea.

Băițuirea se folosește pentru a da lemnului culoarea dorită și constă în îmbibarea cu lichide colorate pe adâncimea de 0,1 ... 0,3 mm. Baițul se prepară cu apă sau cu spirt, din materii colorante, vegetale sau chimice. Pregătirea suportului se face prin udare cu apă și șlefuire cu hirtie sticlă. Aplicarea baițului se face în două sau mai multe straturi.

Ceruirea este cea mai simplă metodă de finisare, indicată pentru lemn de stejar, nuc, fag, tei. Se realizează cu mastic de ceară naturală dizolvată în terebentină sau benzină, în proporție de 1 : 2. În vederea ceruirii, suprafața lemnului se pregătește prin șlefuire și băițuire. Aplicarea masticului se face cu o pensulă aspră, iar după 1 ... 2 ore se freacă cu cârpe moi. Fixarea cerii se face printr-un strat subțire de lac de spirt sau șerlac.

Lăcuirea se obține prin aplicarea pe suprafața șlefuită a lemnului, a lacului incolor sau colorat, în trei straturi. Protecția prin lustruire se poate realiza prin acoperirea lemnului natural cu șerlac, aplicat în trei reprize și frecare.

În vederea vopsirii, suprafețele metalice se curăță de rugină cu peria de sîrmă, terebentină, benzină, se grunduiesc cu vopsea de miniu de plumb, se șpacluiesc cu chit de ulei, se șlefuiesc cu hirtie sticlă și se aplică vopseaua în cel puțin două straturi. Elementele de radiatoare se grunduiesc cu miniu de fier sau plumb și se acoperă cu două sau trei straturi de vopsea specială, rezistentă la căldură.

24.2.6. ZUGRĂVELI ȘI VOPSITORII DIN POLIMERI

Zugrăvelile interioare și exterioare se pot realiza din polimeri pe bază de acetat de polivinil sau alchidal [24]. Zugrăvelile pe bază de polimeri, realizate în două straturi, prezintă avantajul că se pot spăla. Zugrăvelile din emulsie de alchidal pot înlocui vopsitoria pe bază de ulei. La exterior se poate folosi amestecul de var și polimeri (plastvar), cu bune rezultate în exploatare. Vopse-

lele Vinarom produse pe bază de poliacetat de vinil în emulsie apoasă, în culori pastelate, se folosesc la clădiri civile și industriale, la interior sau exterior, pe tencuieli drișuite sau gletuite cu amestec de nisip și aracet, beton cu fața drișuită, lemn, azbociment, beton celular autoclavizat. Se obțin pelicule mate sau lucioase, aderente la suport, rezistente la acțiunea alcaliilor, permeabile la vaporii, dar impermeabile la apă, fiind indicate la lucrări interioare cu umiditate relativă interioară sub 65%.

Vopselele Vinarom se aplică manual și mecanic cu pistolul, în general în trei straturi, indiferent de suport:

- grund de vopsea Vinarom (apă 2/3, vopsea 1/3);
- stratul al II-lea (apă 1/2, vopsea 1/2);
- stratul al III-lea (vopsea nediluată).

Finisajul suprafețelor de beton se realizează în următoarele straturi:

- grund de vopsea Vinarom sau grund de Aracet DP 25;
- vopsea Vinarom diluată, aplicată în două straturi.

Aplicarea vopselelor Vinarom, la interior și exterior, se realizează la temperatura de minimum +15°C și umiditatea relativă a aerului de 60%, în straturi succesive, aplicate după uscarea celui precedent (la minimum două ore).

La lucrări exterioare cu cerințe de rezistență la intemperii, se folosesc vopsitorii din vopsele epoxidice esterificate. Vopselele epoxidice cu catalizator cît și cele poliuretanele conduc la lucrări de vopsitorii foarte rezistente mecanic.

Vopsitoriile din vopsele pe bază de clor-cauciuc au rezistență bună la agenți chimici și la intemperii, dar prezintă rezistență slabă la solvenți și la variații de temperatură.

Vopsitoriile alchido-ureice și alchido-melaminice prezintă rezistență bună la intemperii. Vopsitoriile siliconice prezintă comportare foarte bună la căldură. Vopsitoriile pe bază de copolimeri vinilici prezintă rezistență bună la substanțe chimice.

24.2.7. PICTURA MONUMENTALĂ

În anumite încăperi cu destinație specială, se poate adopta pentru decorarea interioară pictura monumentală, cunoscută încă din perioada slavagistă. Sînt renumite frescele din orașul Pompei, celebrele fresce ale Renașterii, frescele construcțiilor vechi ruse și georgiene.

În U.R.S.S., pictura monumentală a fost folosită la cîteva realizări mari ale construcției socialiste, cum este Metropolițanul Moscovei, Academia Militară Frunze etc. La noi în țară, în nordul Moldovei, sînt remarcabile frescele mănăstirilor Voroneț, Moldovița, Sucevița, Arbore, Humor, iar la Iași, fresca Bibliotecii Centrale a Institutului Politehnic (fig. 23.5).

Dintre picturile monumentale se menționează fresca, tempera, encaustica, pictura minerală și mozaicul.

Pictura al fresco se obține din vopsea de apă pe tencuială proaspătă. Zidăria pe care se aplică tencuiala și pictura al fresco trebuie să fie uscată, izolată contra umidității capilare și atmosferice. Zidăria suport poate fi alcătuită din piatră naturală, cărămidă, beton și nu trebuie să conțină substanțe sulfuroase care alterează culorile.

Culorile se obțin prin frecare cu apă curată, a coloranților naturali de pămînt sau a unor vopsele sintetice.

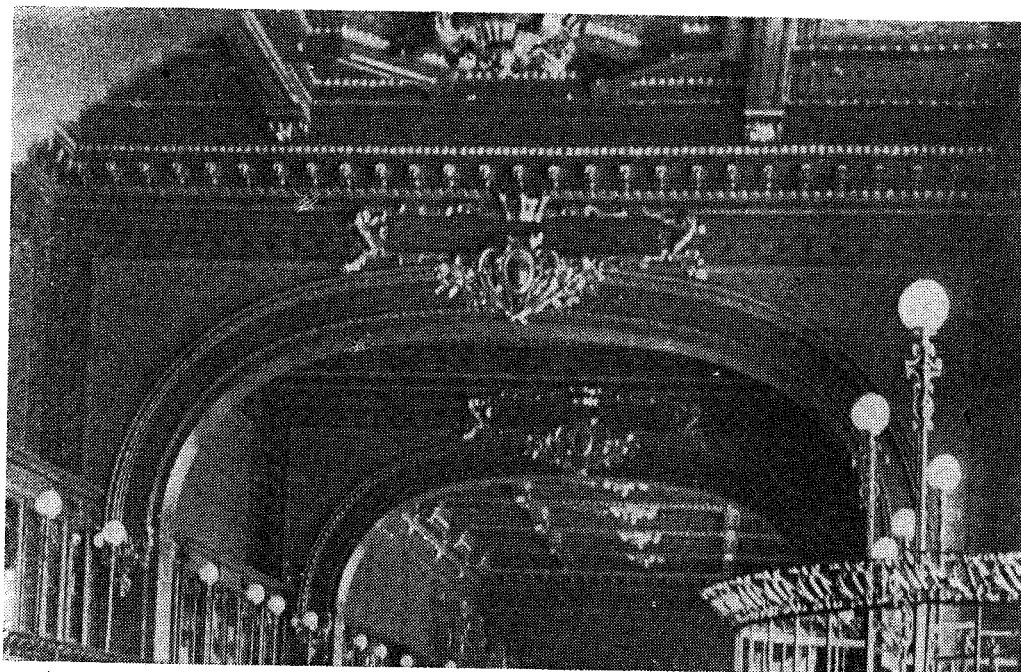


Fig. 24.5. Stucatură și frescă la Biblioteca Centrală a Institutului Politehnic Iași.

Supportul picturii este alcătuit din șprîț și grund de tencuială, de 2 cm grosime, din mortar de var cu dozajul 1 : 2,5 ... 1 : 3,5, preparat din nisip cuarțos spălat și var bine stins. După priza mortarului de grund, înainte de a se fi întărit, se aplică pe suprafața bine udată, un strat subțire de tinci denumit *intonaco*, de grosime 2 ... 3 mm, alcătuit din mortar de var gras, praf de marmură și griș de piatră sau nisip fin de cuarț. Pe suportul astfel pregătit, cu ajutorul șabloanelor, se aplică culorile de apă care sînt absorbite de tencuială fiind înglobate de varul în curs de întărire.

Pictura al secco se aplică pe același suport ca și pictura al fresco, cu deosebirea că stratul de *intonaco* este de grosime 0,5 ... 1 cm, folosindu-se vopsele de var și pigmenții naturali sau artificiali, rezistenți la lumină și alcalii.

Pictura a tempera a fost mult utilizată în arta bizantină și renaștere, folosind ca liant gălbenușul de ou, cu sau fără albuș, și cazeină. Lianții, sub formă de emulsii, se freacă cu coloranți minerali sau sintetici și cu diferite alte substanțe, cum sînt : fenol, acid acetic, borax etc. Se aplică pe tencuială uscată preparată ca și la pictura al fresco.

Encaustica se obține din vopsele de ceară care pătrund în materiale vopsite. Se aplică pe suprafața pietrelor naturale (marmură, calcar, gresie, tufuri), pe tencuială din mortar de var sau ciment și chiar pe lemn. Prepararea vopselelor se face prin amestecarea pigmenților minerali cu ceară topită. Prezintă mare durabilitate, fiind exemple de conservare de peste 2000 ani.

Pictura minerală se realizează prin folosirea sticlei lichide și a acidului silico-fluorhidric. Suprafața de pictat se umezește cu soluție slabă de acid silico-fluorhidric și se aplică vopselele de apă, preparate ca și pentru frescă, menținînd suprafața umedă. Fixarea picturii se face prin stropire cu sticlă solubilă de

potasiu și se datorește formării unei substanțe insolubile, produs al reacției dintre acidul silico-fluorhidric și sarea alcalină.

Metalizarea elementelor constă în acoperirea materialelor cu un strat subțire de metal, prin pulverizare. Pulverizarea se obține prin topirea metalului la flacăra oxiacetilenică sau la arcul voltaic. Se pot metaliza plumbul, zincul, alumiul, cuprul, după șlefuirea prealabilă cu discuri prevăzute cu perii metalice. Pentru a le feri de oxidare se acoperă cu lac transparent și incolor. La metal sau lemn se poate folosi aurirea sau argintarea. Pentru aurire se utilizează foite de aur natural în grosime de 1 ... 2,5 sutimi de mm. Se mai pot utiliza amalgame (săruri de aur și argint cu mercur) sau imitații. Aurirea și argintarea se realizează pe lacul de ulei, aplicat în câteva straturi, după șlefuirea și curățirea suprafeței, prin aplicarea foitei de aur sau prin galvanoplastie, în care caz acoperirea metalelor se face în băi speciale pe cale electrolitică.

După aplicarea foitei de aur sau argint, suprafețele tratate se acoperă cu amestec de șerlac și spirt.

24.2.8. TAPETE

Finisarea prin tapetare este un procedeu uscat ce constă în acoperirea suprafeței pereților interiori cu fișii de hîrtie tratate cu polimeri, în desene și culori variate, cu efecte decorative, care prezintă avantajul eliminării proceselor umede la finisaje [24].

În R.S. România se utilizează tapete semilavabile și lavabile pe suport de hîrtie, fabricate de către întreprinderea de materiale de izolații și finisaje din Turda, prin aplicarea prin raclare sau calandrare a unei paste pe bază de poliorură de vinil sau poliacetat de vinil pe suport de hîrtie, avînd greutatea de 140—245 g/m² pentru tapet *TR* și de 180...645 g/m² pentru tipurile *TCM* și *TCP*, în următoarele sortimente : tapet simplu *TS*, tapet în relief *TR*, tapet calandrat *TCM* (monocolor) și *TCP* (policolor). Se pot realiza și sortimente speciale ca celoplast, pe suport celulozic, sau textilplast pe suport textil, utilizate la tapetări fine, la construcții de importanță deosebită.

Tapetele trebuie să reziste la temperatura de 75°, să nu se exfolieze, să reziste la detergenții de spălare, la razele ultraviolete, să nu permită trecerea apei și să aibă o rezistență la trecerea vaporilor de maxim 5 m/s la tapete *TR* și de maxim 50 m/s la tapete *TCM* și *TCP*.

Tapetele se livrează în benzi cu lățimea de $700 \pm 3\%$ mm și lungimea de 10 sau 20 m.

Temperatura aerului în încăperile unde se aplică tapetele trebuie să fie mai mare de + 15°C și umiditatea relativă interioară mai mică de 60%. Umiditatea suportului trebuie să fie sub 2,5...3% la beton, zidărie, la pereți tencuiți cu glet de var și sub 8% la pereți gletuiți cu ipsos.

La aplicarea tapetului se folosește pentru amorsare soluție de clei de oase, iar pentru lipire adeziv din clei de făină sau dextrină, adaos de clei de oase și formol, lindatox 20 sau carbetox (ca insecticid) sau produse speciale pe bază de polimeri (Aracetin în cantitate de 300 g/m²). Suportul trebuie să fie neted, fără bavuri, cu abateri de la verticală de maximum 1 mm/m.

Aplicarea tapetelor implică următoarele operații :

— pregătirea stratului suport din glet de ipsos prin șlefuire cu hîrtie de șlefuit sau piatră ponce, pentru înlăturarea denivelărilor (care nu trebuie să depășească 2 mm) și aplicarea prin lipire a unui strat de hîrtie albă, după ce în prealabil s-a amorsat suprafața de tapetat prin aplicarea cu bidineaua a unui strat subțire de clei încălzit la 40...50°C ;

— pregătirea tapetului prin tăiere la dimensiuni egale cu înălțimea încăperii (fig. 24.6, *a*), amorsare cu adeziv și asigurarea absorbției timp de 15...30 minute a adezivului de către tapet, păstrându-se îndoit cu partea unsă spre interior, până la aplicare (fig. 24.6, *b*);

— aplicarea tapetului, la 24 ore de la lipirea hîrtiei albe, prin presare cu perii late acționindu-se din partea centrală spre extremități (fig. 24.6, *c*), pentru eliminarea pungilor de aer și de la fereastră spre colțurile încăperilor, pentru evitarea umbrelor la rosturi (fig. 24.6, *d*); pentru tapete grele (cu greutatea peste 200 g/m²), se amorsează cu clei și stratul de hîrtie aplicat în prealabil pe perete.

Dacă tapetul este subțire, fișii se suprapun între ele pe o porțiune de circa 1 cm. Tapetul trebuie să fie întins pe toată suprafața sa, precum și la îmbinări, fără cute sau neregularități (fig. 24.6, *e*). Verticalitatea primei fișii de tapet se asigură cu firul cu plumb și apoi se lipește (fig. 24.6, *f*).

Capetele excedentare ale fișiiilor de tapet se însemnează cu creionul (fig. 24.6, *g*) și se îndepărtează prin tăiere cu foarfeca (fig. 24.6, *h*).

La colțurile intrînde sau ieșinde ale pereților, înădirea fișiiilor se face pe colț, iar la racordări se pot folosi, pentru mascare, baghete din lemn sau materiale plastice fixate în ținte sau lipite. La partea inferioară, rostul se maschează cu pervaz de pardoseală, iar la tavan cu baghete de lemn sau materiale plastice, lipite cu adeziv sau fixate cu ținte.

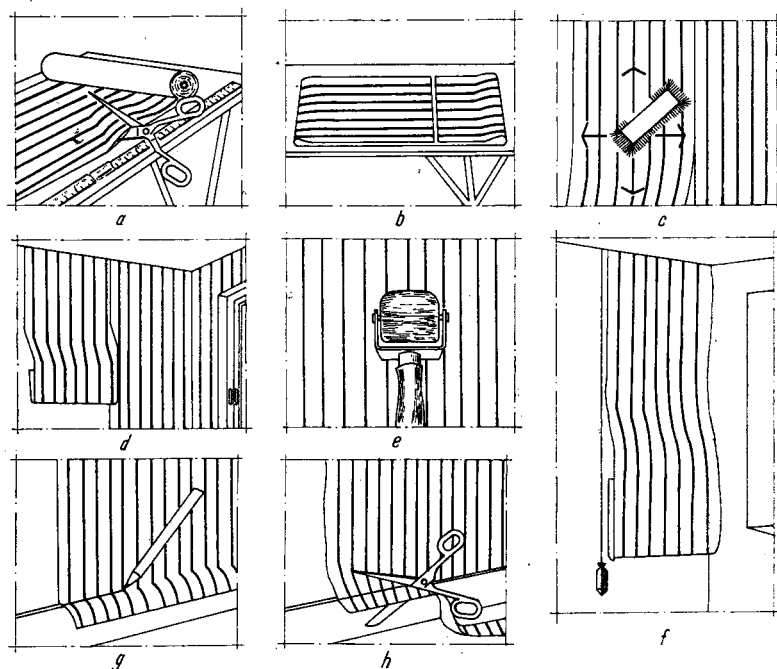


Fig. 24.6. Fazele lucrărilor de tapetare :

a — tăierea tapetului la lungimi egale cu înălțimea încăperii plus 10...15 cm; *b* — absorbția adezivului de către tapet; *c* — presarea tapetului după patru direcții; *d* — montarea tapetului de la fereastră spre interior; *e* — presarea tapetelor la îmbinări; *f* — verificarea verticalității primei fișii cu firul cu plumb; *g* — însemnarea cu creionul a fișiiilor de tapet; *h* — tăierea cu foarfeca a capetelor excedentare ale tapetului.

În zonele de străpungeri ale tapetului (țevi, doze electrice etc.) se taie tapetul înainte sau după lipire la dimensiunile necesare, asigurându-se o bună lipire de suport.

Întreținerea tapetelor se asigură prin ștergere de praf cu perii sau cîrpe moi, curate, ușor umezite cu apă caldă și săpun sau detergenți, absorbindu-se apa cu pinze moi și uscate.

24.2.9. FINISAJE DIN MARMOR-ROCK

Marmor-rockul este un material prefabricat pentru finisarea interioară și exterioară a construcțiilor civile și industriale și pentru decorarea construcțiilor monumentale.

Materialul prezintă rezistență corespunzătoare la smulgere, lovire, intemperii, îmbătrînire, atmosferă corosivă, la spălare, la temperaturi între -30 și +70°C și proprietăți fonoabsorbante.

Placajele flexibile de tip marmor-rock sînt realizate sub formă de folii flexibile dublate de suport textil, cu granule fine de marmură sau alte roci dure de 0,2...4 mm diametru, în culori naturale sau roci colorate industrial, avînd ca liant rășini sintetice termoplastice. Au lățimea de 100 cm, grosimea 1...4 mm, greutatea 2,7...5,2 kg/m², în compoziții granulometrice variate (0,2...0,5; 0,5...1; 1...2; 3...4 mm), cu compoziții cromatice simple sau mozaicate, cu efecte plastice și estetice deosebite.

Placajele flexibile de marmor-rock se lipesc cu mortar de ciment portland și adaosuri de rășini sintetice sau numai cu adezivi sintetici, stabili și rezistenți la apă, sub formă de mortare fluide plastice pe suporturi din zidării ceramice, betoane ușoare, betoane grele tencuite sau netencuite, pe tencuieli, pe azbociment, pe lemn și produse din lemn, pe metal, după o prealabilă operațiune de curățire cu perii metalice sau din pai dur, spălare și îndepărtare a prafului rezultat.

BIBLIOGRAFIE

- Ceaușescu, Nicolae, *Expunere la deschiderea colocviului privind problemele științei conducerii societății*, București, Ed. politică, 1972.
- Ceaușescu Nicolae, *Raport la cel de-al XI-lea Congres al P.C.R.*, Ed. politică, București, 1974.
- *** *Programul Partidului Comunist Român de făurire a societății socialiste multilateral dezvoltate și înaintare a României spre comunism*, Editura politică, București, 1975.

* * *

1. Academia Republicii Populare Române și Academia de Științe U.R.S.S., *Monografie geografică a R.P.R.*, 1960.
2. Academia de Construcții și Arhitectură a U.R.S.S. *Norme și reguli în construcții*, 4 volume, traducere din limba rusă, 1972.
3. Agent, R., *Calculul diafragmelor cu goluri după Albigès-Goulet este un calcul de cadru etajat*, Revista construcțiilor și a materialelor de construcții, nr. 6/1965.
4. Andrei, N. ș., a., *Construcții și tehnologia lucrărilor de construcții*, București, E.D.P., 1973.
5. Apostol, P., *Calitatea vieții și explorarea viitorului*, București, Ed. politică, 1975.
6. Asahdrei, G. ș. a., *Bloc experimental de locuințe din elemente prefabricate de mărimea unei camere*, Revista construcțiilor și a materialelor de construcții, nr. 2-3, 1965.
7. ASCE - IABSE. Technical Committee 27, *Masonry Structures*, vol. III-27, Int. Conf. Lehigh - Tall Buildings, August, 1972.
8. Avram, C. *Aplicațiile principiilor de calcul probabilistic și semiprobabilistic la proiectarea elementelor din beton precomprimat*, a V-a Conferință de betoane, Timișoara, 26-28.X.1972.
9. Avram, C. ș.a., *Rezistențele și deformațiile betonului*, București, Ed. tehnică, 1971.
10. Bălan, Șt., *Lecții complementare de mecanică teoretică*, București, E.D.P., 1975.
11. Berthier, J., *Les points thermiques ou ponts thermiques*, CSTB, nr. 42/334, Paris, 1960.
12. Blachère, G., *Savoir Batir*, Ed. Eyrolles, Paris, 1973.
13. Bogoslovski, V., *Stroitelnaia teplofizika*, Izd. Viss. Șkola, Moskva, 1970.
14. Bonhomme, A., *L'isolation thermique*, Paris, Ed. Eyrolles, 1967.
15. Borges, F., Costanheța, M., *Siguranța structurilor*, traducere din limba engleză, București, Ed. tehnică, 1973.
16. Bruckmayer, F., *Handbuch der Schalltechnik im Hochbau, Schallärm-Erschütterungsschutz, Raumakustik*, Franz Deutike, Wien, 1962.
17. Bădărău, E., Grumăzescu, M., *Bazele acusticii moderne*, București, Editura Academiei 1961.
18. C. E. B., *Manual - Sécurité des constructions, Concepts généraux, charges et actions*, Bul. d'inf. nr. 102, 1974-1975.
19. C. E. B., *Manual - Sécurité des constructions, Concepts généraux, charges et actions*, Bul. d'inf. nr. 106, 1974-1975.
20. C. E. B., *Manual - Sécurité des constructions, Concepts généraux, charges et actions*, Bul. d'inf. nr. 107, 1974-1975.
21. C. E. B., *Notations. Terminologie*, Bul. d'inf., nr. 96, oct. 1973.
22. *Centrul științific și tehnic al clădirilor*, Paris, R.E.E.F., 1970.
23. C. I. B. W. 23 A., *Practical Recommendations for Masonry Structures, Design and Erection*, Draft, 1975.
24. Cioroiu, R., Constantinescu, R., Platon, M., *Materiale plastice în construcții*, București, Ed. tehnică, 1975.
25. Cișmigi, A., *Forțe. Materiale. Structuri.*, Rev. Arhitectura 3/4-1972.
26. Cișmigi, A., *Teoria structurilor în arhitectură*, Breviar curs, anul III, Institutul de Arhitectură „Ion Mincu”, București, 1970-1971.
27. C P C P - I S L G L., *Instrucțiuni tehnice pentru proiectarea clădirilor de locuit cu structură de rezistență din panouri mari*, Redactarea I, 1974.
28. Croiset, M., *L'hydrotermique dans le bâtiment*, Paris, Ed. Eyrolles, 1968.
29. Dabija, Fl., Opran, D., *Structuri de rezistență la clădiri civile*, curs Institutul de construcții, București, 1974.
30. Dabija, Fl., *Seismic Resistant Reinforced Concrete Structures for Multistory Buildings*, Lecture presented at the International Seminar for Qualification on Earthquake Engineering, I.P. Iași, sponsored from UNESCO, Oct. 1974.

31. Despreyoux, J., *Shear Walls with a Rows of openings*, Symposium on Tall Buildings, Proceedings University of Southampton, April, 1966.
32. Despreyoux, J., *Analyse statique et dynamique des contreventements par consoles élémentaires, solidarisés par des milieux élastiques*, Annales I.T.B.T.P., nr. 290, février, 1972.
33. Dent, N. R., *Principles of Pneumatic Architecture*, The Architectural Press, London, 1971.
34. Diaconu D., Manolovici M. ș. a., *Perfecționarea metodelor de calcul al construcțiilor supuse la acțiuni seismice*. Referat cu concluzii asupra încercărilor efectuate pe modele de clădiri înalte în cadre, INCERC, Iași, 1973.
35. Drogeanu, N., Negoită, A., *Clădiri civile I*, București, E.D.P., 1934.
36. Dumitrescu D., Sandi, H., *Principii fundamentale pentru siguranța și calculul construcțiilor*, conf. a V-a de betoane, Timișoara, 1972.
37. Dumitriu-Vilcea, E., Moraru, D., *Umzeala în construcții și combaterea ei*, București, Ed. tehnică, 1969.
38. Eichler, Fr., *Praktische Wärme im Hochbau*, Verlag für Bauwesen, Berlin, 1964.
39. Eichler, F., *Căldura și vaporii de apă în clădiri*, Ed. tehnică, București, 1957.
40. Elmroth, A., *Crawl - Space Basements*, National Swedish Inst. for Building Research, Rapport R 12, Bygghörsknigen, Stockholm, 1975.
41. Engel, H., *Tragsysteme*, Deutsche Verlags anstalt, Stuttgart, 1967.
42. Făinaru, J., Roșu, I., *Detalii de construcții*, București, E.D.P., 1971.
43. Focșa, V. ș. a., *Construcții de zidărie și beton*, 2 volume, Litografia învățământului, 1956—1958.
44. Focșa, V., Radu, A., *Înrumător pentru lucrări de laborator la clădiri civile și industriale*, București, E.D.P., 1937.
45. Focșa, V., *Clădiri civile. Pereți, alcătuire și calcul*, I.P. Iași, 1971.
46. Focșa, V., *Higrotermica și acustica clădirilor*, București, E.D.P., 1975.
47. Gheorghiu, A., *Statica, stabilitatea și dinamica construcțiilor*, București, E.D.P., 1974.
48. Gheorghiu, F., Grünau R., *Funcționalitatea și protecția fațadelor*, București, Ed. C.D.C.A.S., 1974.
49. Ghiocel, D., Lungu, D., *Acțiunea vântului, zăpezii și variațiilor de temperatură în construcții*, București, Ed. tehnică, 1972.
50. Ghiocel, D., Lungu, D., *Siguranța construcțiilor*, Inst. Constr., București, 1973.
51. Gnedenko, B., Béliav, Y., Soloviev, A., *Méthodes mathématiques en théorie de la fiabilité*, Edition de Moscou, 1972.
52. Goffin, H., *Lastannahen für Bauten, Bestimmungen, Beton Kalender*, 1975, II Teil, S.9—91 und S. 501—517.
53. Groupe d'ingénieurs - CIMOR, *Tehnica franceză a fațadelor ușoare. Pereți cortină și panouri de fațadă*, Paris, Ed. Eyrolles, 1965.
54. Guillot, V., *Influence des ouvertures dans la stabilité des bâtiments de grande hauteur, refends en files d'ouvertures*, Annales I.T.B.T.P., nr. 290, Février, 1972.
55. Hangen, M., *Construcții din beton armat*, București, Ed. tehnică, 1963.
56. Haret, S., *Construcții de clădiri, Lucrări de finisaj*, vol. III, București, Ed. tehnică, 1954.
57. Hardt, D., *Protecția detaliilor de construcții*, București, Ed. tehnică, 1973.
58. Höglund, I., *Kompedium i Byggnadsteknik*, K.T.H., Stockholm, 1973.
59. Holmgren, O., *Snow Loads, Driving Rain and Building Design*, National Swedish Inst. for Building Research, Stockholm, 1970.
60. Ifrim, M., *Analiza dinamică a structurilor și inginerie seismică*, București, E.D.P., 1973.
61. Institutul de Construcții București, *„Indicații provizorii pentru proiectarea structurilor cu diafragmă din beton armat la clădiri etajate”*, ISART, 1971.
62. ISO - 2394, *General Principles for the Verification on the Safety of Structural*, 1973.
63. Jürgen J., *Les structures en voiles et coques*, Edition Vincent, Fréal & Cie., Paris, 1962.
64. Lewicki, B., *Prevention of Progressive Collaps*, Report meeting CIB/W 23 A, Iași, 1970.
65. Lenczner, D., *Elements of Load Bearing Brickwork*, Peryamon Press, 1973.
66. Lufsky, K., *Izolarea construcțiilor cu materiale bituminoase*, vol. I, II, București, Ed. tehnică, 1958.
67. L'Hermite, R., *Betonul în imagini*, traducere din limba franceză, București, Ed. tehnică, 1959.
68. Mazilu, P., *Rezistența materialelor*, Ed. Inst. Construcții, București, 1974.
69. Mihăilescu, C., Păuleț, C. ș. a., *Structuri de rezistență pentru locuințe cu partiuri flexibile*, Ses. Tehnico-științifică jubiliară, - XXV, ICPRM - Iași, iunie, 1974.
70. Mihăilescu, M., Bota, O., Bia C., Pocanschi, A., Horvath, I., Ionescu, A., *Exemple de calcul pentru elemente de construcții din beton armat*, Cluj, 1970.
71. Mihul, A., *Construcții din beton armat*, București, E.D.P., 1969.

72. Mittag, M., *Pratique de la construction des bâtiments*, Paris, Ed. Eyrolles, 1967.
73. Moiescu, A., Săftoiu, E., *Betonul în arhitectură*, București, Ed. tehnică, 1964.
74. Moriz, K., *Richtig und falsch im Wärmeschutz*, Bauverlag, GMBH, Berlin, 1965.
75. Moriz, K., *Flachdach Handbuch*, Bauverlag GMBH, Berlin, 1964.
76. Necșulea, A., *Bazele acusticii clădirilor*, București, Ed. Academiei 1930.
77. Negoită, A., Negoită, S., *Materiale moderne în construcții*, București, Ed. tehnică, 1963.
78. Negoită, A., *Construcții din prefabricate de beton și beton armat*, ESAC, 1955.
79. Negoită, A., *Clădiri civile*, curs, partea I și a II-a, Institutul Politehnic Cluj, 1969, 1971.
80. Negoită, A., Iancău, V., *Aspects statistiques concernant les surcharges climatiques et la sécurité des constructions*, Symposium A.I.P.C., London, 1969.
81. Negoită, A., Mateescu, Cr., *Recherches roumaines concernant la surcharge de neige*, Annales de l'Institut Technique des Bâtiments et des Travaux Publics, 109—1969.
82. Negoită, A., Iancău, V., *Contribuții privind aspectele probabilistice ale încărcărilor climatice și siguranța construcțiilor*, St. cerc. mec. apl., Tom 29, nr. 4, 1970.
83. Negoită, A., *Contribuții privind comportarea mecanică a pereților din beton simplu din granu-lit*, Inst. Construcții, București, 1971.
84. Negoită, A., Ungureanu, N., *Aspecte probabilistice ale siguranței în proiectarea construcțiilor prin metoda stărilor limită*, a V-a conferință de betoane, vol. I, Timișoara, 1974.
85. Negoită, A., Pop, I., Schärf, F., Bărbat, H., *Înrumător pentru calculul construcțiilor în zone seismice*, vol. I, Inst. Politehnic, Iași, 1974.
86. Neufert, E., *L'Architecture et l'isolation*, Paris, Ed. Eyrolles, 1971.
87. Nevander, L., *Fukt*, *Kompedium i byggnadsteknik*, T.H. Lund, 1968.
88. Niculescu, D., *Execuția clădirilor de locuit din panouri mari*, București, Ed. tehnică, 1965.
89. Palladio, A., *Patru cărți de arhitectură*, traducere din limba italiană, București, Ed. tehnică, 1957.
90. Paschen, H., *Das Bauen mit Beton, Stahlbeton und Spannbeton Fertigbauteilen*, B.K - 1975, II, T.S. 575—746.
91. Peștișanu, C., *Construcții - curs general*, București, E.D.P., 1971.
92. Poliacov, V. S., Falevici, N.V., *Construcții de zidărie*, Gostroiizdat, Moskva, 1960.
93. Popoff, A. Jr., *Design against Progressive Collapse*, Journal of P.C.I., march/april 1975, vol. 20, no. 2.
94. Radu, A., Sardino, R., *Clădiri*, vol. I, Ed. I.P. Iași, 1970.
95. Radu, A., Sardino, R., *Clădiri*, vol. II, Ed. I.P. Iași, 1970.
96. RILEM - 24 B.W., *Recommendations for Testing Masonry*, Draft, 1975.
97. Sandberg, P., *Driving Rain Distribution, Computerized Calculation*, RILEM Symposium, 1974.
98. Schmitt, H., *Hochbaukonstruktion*, Otto Mayer Verlag, Ravensburg, 1973.
99. Schütze, W., *Les dalles flottantes*, Paris, Ed. Eyrolles, 1968.
100. Sillion, T., *Geologie, geotehnică și fundații*, vol. I, II, III, Ed. Inst. Politehnic Iași, 1973.
101. Silvan, A., *Apă în pământurile nesaturate*, București, Ed. tehnică, 1967.
102. Simonici, M., Dobrescu, C., *Betonul celular autoclavizat*, București, Ed. tehnică, 1974.
103. Siporex, Ytong, *Lättbetong handboken*, Stockholm, 1974.
104. Sklover, A. M., Vasiliev, B. F., Uskov, F.V., *Osnovi stroitelnoi teplotekhniki jilij i ošestvennih zdaniij*, Gos. izd. liter po stroit i arh., Moskva, 1956.
105. Slavin, I., *Zgomotul industrial și combaterea lui*, București, Ed. tehnică, 1957.
106. Stănculescu, I., *Curs de geotehnică și fundații*, București, 1960.
107. Space Structures, edited by R.M. Davies, Blackwell Scientific Publications Oxford and Edinburgh, 1967.
108. Stescu, L., Bălan, N., Macovei, N., *Soluții noi de planșee folosite la un bloc de locuințe având (P + 10 E), cu spații comerciale pe 3 niveluri (planșee pedale)*, Ses. tehn.-științifică jubiliară - XXV, ICPRM, Iași, 1974.
109. Stescu, L., Heidberg, C., Liulica, A., *Bloc de locuințe str. C. Negri* - Ses. tehn.-științifică jubiliară - XXV, ICPRM, Iași, 1974.
110. Varlan, G., *L'Etanchéité dans la construction*, Paris, Ed. Eyrolles, 1971.
111. Védeilhé, *L'Acoustique élémentaire dans le bâtiment*, Paris, Ed. Dunod, 1967.
112. Vitruvius despre arhitectură, București, Ed. Academiei 1964.
113. Vos, B., *Ventilation of Flat Roofs*, TNO Reports, nr. 13 și 61, 1965.
114. Walter, Meyer, Bohe., *Manerwerksbau, Elementen des Bauens*, Verlagsanstalt A. Koch, Stuttgart, 1973.
115. Zenczykowski, W., *Budownictwo Ogolne*, Tom IV, Warszawa, 1962.
116. * * * Normativ republican pentru proiectarea și executarea construcțiilor din punct de vedere al prevederii incendiilor, Ediția 1974, modificată și completată cu ord. I.G.S.C. și M.I. nr. 65/1973.